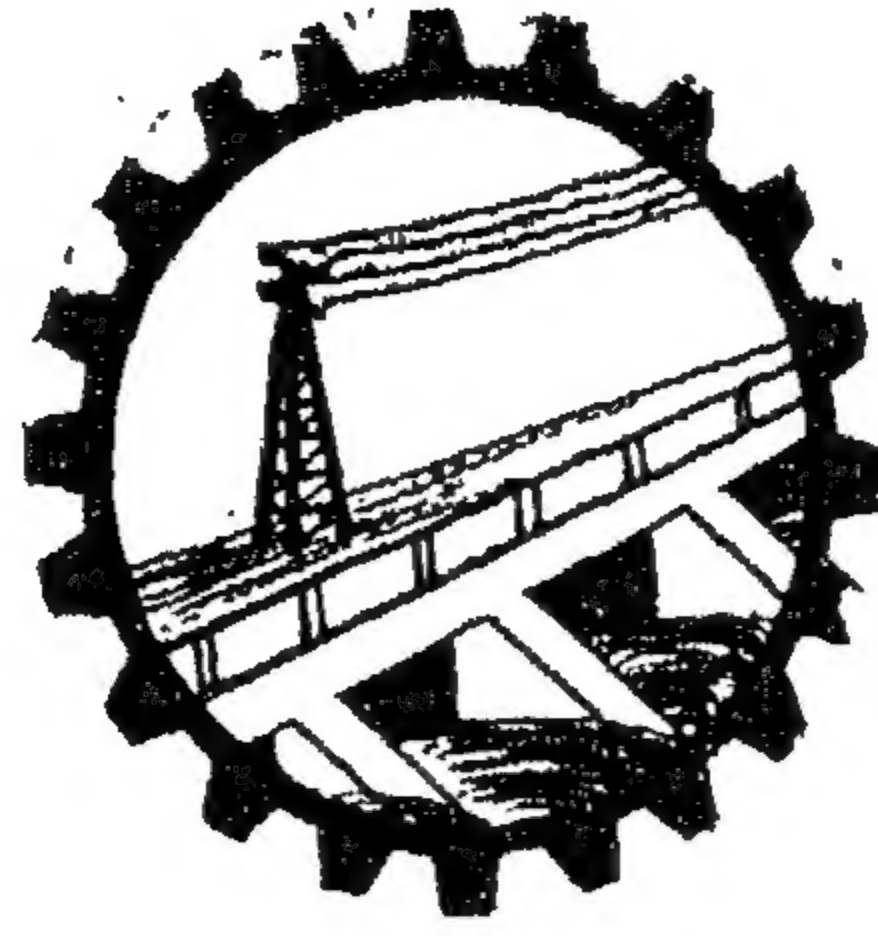


ESEN-CPS-BK-0000001081-ESE

00471181



مجلة

جمعية الهندسين
المصرية

يناير ١٩٦٤

المجلد الثالث

العدد الأول

مجلة

مجلة المهندسين المصرية

مجلة عامية هندسية - تصدرها كل ثلاثة شهور

جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

يناير ١٩٦٤

العدد الأول

السنة الثالثة

محتويات هذا العدد

القسم العربى

صفحة

- الإسكان الريفي — إقتراحات اللجنة العليا لبحوث القرية بوزارة الزراعة للمرحوم الأستاذ الدكتور أنور المقي ١٣
- دور البنوك العقارية في تمويل الإسكان للمهندس العطافي منيل ١٨
- الإصلاح العمراني للقرية وزارة الإسكان والمرافق ٢٠
- الطاقة البشرية ودورها في حل مشكلة الإسكان الريفي للمهندس محمد أمين السلاوى ٣٦
- للمهندس أحمد إحسان صادق
- حول سياسة ثابتة للتعمير في القرية للدكتور المهندس على بسيوني ٥٤
- تطور القرية المصرية والبيت الريفي للمهندس محمد كامل زيتون ٦١
- للمهندس صلاح الدين محمد زكي الدين
- للمهندس محمد صلاح الدين حجاب
- وسائل تنفيذ تعمير الإسكان الريفي عن طريق التعاون وطرق التمويل للمهندس أحمد حسن رفعت ٧٠

القسم الأجنبي

- التخطيط والبناء في العالم العربي مع تطبيق تجريبي على قرية الجرنه للمهندس حسن فتحي ٧
- القواعد الرئيسية للإسكان الحضرى في مصر للدكتور عبد الباقي إبراهيم ١٨
- الخطوط الرئيسية الواجبة لتخطيط التجمعات التجارية في الإقليم المصرى للدكتور أحمد كمال عبد الفتاح ٣٩

بيانات :

مقر المجلة :

بالقاهرة

جمعية المهندسين المصريين

٢٨ شارع مسيس بالقاهرة

تليفون ٥٩١.٦

الاشتراكات:

- جميع أعضاء جمعية المهندسين بالقاهرة مشتركون في المجلة بحكم عضويتهم .

لغير الأعضاء :

الاشتراك السنوى

للهيئات

٢٠٠

للمهندس

٦٠

- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة .
- ترهب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية وأي تعليقات عامة للمناقشة
- المجلة غير مسؤولة عن أي رأي ينشر وتعتبر عن رأي كاتبها فقط

الإعلانات:

مؤسسة مصر للطباعة والإعلان والنشر

١٤ شارع نكح بالتوفيقية - لقاهرة تليفون ٥١٦٠١

لجنة التحرير

المشرف العام الأستاذ الدكتور محمد طاعت

رئيس اللجنة الدكتور المهندس أحمد علي العريان

أميناء التحرير
المهندس حسن طه العروسي
المهندس عز الدين فـرج
الدكتور المهندس فـؤاد بهجت

أمين الصندوق المهندس حامد القـداح

المشرفون
الدكتور المهندس أحمد جـنيدى
المهندس صلاح عامر
الدكتور المهندس طاهر الحـديدي
المهندس كامل مقصـود

هذا العدد

ذابت المجلة منذ صدورها على نشر الأبحاث المتعمقة والنظريات الحديثة التي يسهم بها المتخصصون في الجمهورية العربية المتحدة في البناء الهندسى العالمى . . وفى هذا العدد تخطو المجلة خطوة جديدة نحو الوصول إلى حل لمشكلة هندسية ليست إقليمية فحسب ، وإنما هى مشكلة تمتد أطرافها لتشمل الصعيد العربى بصفة خاصة . وتتعداه إلى المجال العالمى عموماً : ألا وهى مشكلة الإسكان . .

وقد ساهمت الجمهورية العربية المتحدة بمجهود متواصلة لتدارس هذه المشكلة التي تتشابك خيوطها مع مرور الزمن ، فنشطت الهيئات الهندسية فى عقد المؤتمرات والندوات العديدة فى القاهرة لبحث هذه المشاكل ، ولم يكن البحث قاصراً على المتخصصين المحليين ، بل ساهم فيه الكثير من المهندسين والخبراء العالميين .

فعقدت لذلك ندوة عالمية تحت إشراف جمعية المهندسين المصرية والمنظمة العالمية لحرية الثقافة وكان موضوع هذه الندوة : العواصم الجديدة فى العالم العربى بالقاهرة فى ١٧ — ٢٢ ديسمبر ١٩٦٠ وقد نوقشت فى هذه الندوة واحد وعشرون بحثاً تناولت بالدرس تاريخ العواصم العربية والتقدم العمرانى بها والمشاكل التي تصادفها نتيجة للتوسع الصناعى والسكانى بها . .

وقد رأت اللجنة الدائمة للمؤتمرات الهندسية العربية أن مشكلة الإسكان جديرة بأن يفرد لها مؤتمر خاص ، فعقد المؤتمر الهندسى العربى الثامن فى (٨ — ١٣) مايو ١٩٦٣ ليقصر فى بحوثه على هذه المشكلة وأتم جلساته بمقررات محددة بعد أن ناقشت لجانه ما يربو على خمس وأربعين بحثاً فى هذه المشكلة . .

ولم يمض عام ١٩٦٣ إلا وشهدت البلاد المؤتمر الأفريقى الآسيوى للإسكان الذى دعت إلى عقده وزارة الإسكان والمرافق فى (ديسمبر ١٩٦٣) لبحث موضوع الإسكان على الصعيد الأفريقى والآسيوى . .

وفى الأسبوع التالى لهذا المؤتمر عقد فى دار جمعية المهندسين المصرية ندوة تحت إشراف هيئة الأمم المتحدة لدراسة « تمويل مشروعات الإسكان » فى شهر ديسمبر أيضاً من عام ١٩٦٣

ولم تقتصر هذه المؤتمرات على الوصول إلى مقررات بناءة للوصول إلى الحلول السليمة لمشاكل الإسكان في الجمهورية العربية المتحدة والعالم العربي بل كانت هذه الندوات والمؤتمرات فرصة للتعرف على الخبرات الأجنبية في هذا المجال ، كما أن احتكاك المتخصصين والخبراء المصريين بهذه الخبرات يعود بالخير على فن التخطيط والعمارة المصرية التي نرجو أن تعود إلى سابق عهدها الذي تشهده به الدنيا منذ فجر التاريخ . .

والجلاة مساهمة منها في حل مشكلة الإسكان رأت أن تخصص هذا العدد لمشاكل الإسكان الريفي في مصر ، فتقدم بقدر ما تتحمله صفحاتها بعض البحوث التي عرضت للمناقشة في هذه المؤتمرات والندوات .

هذا وقد رأينا نشر المقررات النهائية لهذه المؤتمرات والندوات حتى تكون سجلا نسير على هديه فيما يتباحثه من أمور التخطيط والتوسع العمراني الذي تشهده البلاد . .

والله ولي التوفيق

رئيس التحرير

توصيات الحلقة الدراسية لتخطيط المدن بالعالم العربي

أولاً : الصفة العامة لمشاكل المدن :

تشارك مدن العالم العربي مع كثير من غيرها في مشاكل عامة مثل الأحياء السكنية الفقيرة غير الصحية وازدحام المرور وعدم كفاية المرافق كماء الشرب والكهرباء ووسائل التخلص من الفضلات ، وكذا الاختلاط الكبير في استعمالات الأراضي ، ويزيد من هذه المشاكل تركيز النمو الحضري في المدن الكبيرة ، وهذه المشاكل ليست على درجة متساوية من التعقيد في جميع مدن العالم العربي .

ولإمكان تحديد مدى تلك المشاكل وإيجاد الحلول المناسبة لها ، يجب توفير البيانات الإحصائية الدقيقة بتفصيلات كافية .

ثانياً : الهجرة إلى المدن :

الهجرة الزائدة إلى المدن الكبرى تزيد مشاكلها تعقيداً ولذا يجب دراسة أسباب هذه الهجرة واتخاذ الإجراءات اللازمة لمواجهة هذه الحالة .

ثالثاً : علاقة تخطيط المدن بالتخطيط القومي :

١ — يجب تعزيز الترابط بين تخطيط المدن والتخطيط الإقليمي والتخطيط القومي مما يستلزم الاسترشاد برأي الاختصاصيين في تخطيط المدن عند إعداد التخطيط القومي .

٢ — لئن كان من الواجب أن يحظى الريف بالعناية الكبرى في التخطيط القومي إلا أنه يلزم كذلك الاهتمام بالمشاكل العاجلة للحضر .

٣ — يلزم توفير الدراسات الوافية والتدريب المناسب في التخطيط الشامل للمدن .

٤ — لتقليل مشاكل المدن الكبرى ورفع مستوى المدن الصغرى يجب إقامة المنشآت الصناعية الجديدة خارج نطاق المدن الرئيسية قدر الإمكان .

٥ — لما كان التقدم في الصناعة قد أزال الكثير من المضايقات التي كانت تصاحبها عادة فقد أصبح في الإمكان أن تقام داخل المدن بعض الصناعات التي كان الأمر يقتضي إقامتها خارج المدن في الماضي .

رابعاً : التخطيط العام :

١ — تحتاج المدن العربية لتخطيطات عامة ، وهي وإن كانت وسيلة نافعة لتنظيم نموها إلا أن إعدادها لا يصح أن يؤدي إلى إهمال المشاكل العاجلة .

٢ — يعتبر إعداد وسائل تنفيذ التخطيط العام من أهم خصائصه ، وهذه تشمل لوائح البناء وتشريعات تنظيم الأحياء واستعمالات الأراضي وما إلى ذلك . على أنه يجب أن يلاحظ ألا تؤدي هذه التشريعات إلى عرقلة حركة البناء والنمو ، بل يجب أن نوجه ذلك التعمير توجيهاً سليماً للصالح العام .

كما أن تعريف الأهالي بفوائد التخطيط العام لا يقل أهمية عن ذلك لضمان تعاونهم في التنفيذ .

٣ — يلزم أن يكون التخطيط العام مرناً حتى يمكن مواجهة تغير الأوضاع والمشاكل في المدينة .

٤ — يحتاج التخطيط العام للخدمات المشتركة للفنيين المدربين في تخطيط المدن والهندسة والعلوم والخدمات الاجتماعية ، ولما كان العدد الحالي من هؤلاء الاختصاصيين قليل جداً في المدن العربية فإن الأمر يستلزم اتخاذ الخطوات الكفيلة بتدارك هذا النقص .

٥ — لا يجوز أن توقف السلطات البلدية حركة الإنشاء أثناء إعداد التخطيطات العامة بل عليها أن تسمح بالاستمرار في التعمير في حدود الإطار العام المنتظر للتخطيط .

٦ — عند تنفيذ التخطيط العام يجب أن تعتبر المساحات الفضاء وأماكن الترويح التي يشملها التخطيط في نفس مستوى أهمية العناصر الأخرى له لما لها من قيمة اقتصادية من حيث إنتاج سكان المدن إلى جانب قيمتها من حيث الترفيه عنهم ورفع مستوى معيشتهم .

٧ — يجب أن تقاوم بكل حزم المضاربات التي تتبع عادة تغير أثمان الأراضي تبعاً لتطبيق تشريعات تنظيم استعمالات الأراضي .

٨ — بلغ اختلاط استعمالات الأراضي في بعض المدن حداً ضاراً ، ولئن كان بعض الاختلاط في استعمال الأراضي أمراً حتمياً بل ومفيداً في بعض الأحيان ، إلا أنه يجب ألا يتجاوز الحدود المقبولة في التخطيط السليم .

٣ - يجب ألا يتعرض الإسكان المتوسط وفوق المتوسط لأي قيود تعوق استثمار رؤوس الأموال في الإنشاءات الجديدة.

٤ - نظراً لحاجة العالم العربي الماسة إلى تنفيذ مشروعات إسكان على نطاق واسع ، وعلى الأخص لذوى الدخل المحدود فإن الأمر يقتضى القيام بدراسات مستفيضة عاجلة لتحديد أنسب أنواع المساكن ومواد البناء التى تلائم احتياجات السكان وتقاليدهم مع مراعاة الأحوال الجوية والأوضاع الاقتصادية ، كما يجب النهوض بإعداد التصميمات والوحدات الموحدة المقاسات واتباعها .

٥ - يجب أن يشمل تخطيط المشروعات الصناعية مختلف الصناعات المتصلة بالإسكان كصناعة مواد البناء والأدوات الصحية والشبائيك والابواب الموحدة المقاسات .

سابعاً : الاحتفاظ بالطابع المدينتى العربية :

١ - يجب الاحتفاظ بالطابع الخاص بالمدينة العربية فى تخطيطها ونموها مع مقابلة المطالب الحالية والمستقبلية .

٢ - المسجد :

(أ) يلزم أن يحظى المسجد باعتبار ملحوظ فى تخطيط المدن لما له من مكانة فى التكوين الاجتماعى للمجتمع العربى .

(ب) يجب تشجيع حركة إحياء الاستعمال التقليدى للمسجد ليس فقط باعتباره مكاناً للعبادة ولكن كمركز للنشاط الثقافى والاجتماعى كذلك .

(ج) صمم الكثير من المساجد واختيرت لها المواقع المناسبة لتكون بمناسبة معالم هامة فى المدن العربية ، وقد أقيمت حول الكثير منها منشآت حجبتها عن النظر ويقتضى الأمر إزالة هذه المنشآت حتى تعود للمساجد مكانتها .

٣ - تفى الأسواق العربية القديمة بوضعها الحالى بالاحتياجات التجارية للمدن الحديثة ، لذلك يجب الاحتفاظ بها مع توفير المرافق اللازمة لها ، كما يمكن محاسنتها فى تصميم الأسواق الجديدة .

ثامناً :

كانت هذه الحلقة الدراسية بداية مشعرة لفهم المدينة الحديثة فى العالم العربى ، ويجب استمرار الاهتمام بها مما يستدعى تكوين هيئة دائمة من العرب المعنيين بشئون المدن من مخططين ومهندسين وإحصائيين فى العلوم والخدمات الاجتماعية للمضى فى دراسة مشاكل المدن والسعى فى إيجاد حلول لها

٩ - يجب أن تشمل حدود المدينة جميع المناطق المحيطة بها والمحتمل أن يمتد إليها نموها حتى تكون تحت إشراف السلطات البلدية لتستطيع أن تمنع عن طريق التطبيق الحازم للتشريعات تكوين أحياء متدهورة تدخل مستقبلاً ضمن نطاق المدينة .

١٠ - نظراً لضرورة وضع تخطيط المدن على أساس من الحقائق الاجتماعية ، لذلك فإنه من الضرورى وضع معايير قياسية مناسبة فيما يتعلق بالتعليم والإسكان والملاعب وغيرها وذلك باشتراك الإحصائيين فى التخطيط القومى وتخطيط المدن .

خامساً : مسؤوليات البلديات وسلطاتها :

١ - تفتقر غالبية من العالم العربى للهيئات البلدية القوية ذات السلطات الكافية وقد ترتب على ذلك أن تمت تلك المدن على غير نظام ، وقد أصبحت الحاجة ماسة لهيئات بلدية قوية فى المدن الحديثة وخاصة لاتباعها المتزايد لنظام التخطيط العام الذى لا يمكن تحقيقه إلا بوجود سلطة بلدية قوية قادرة على الحصول على مساندة مختلف الهيئات الحكومية المعنية ومعاونتها .

٢ - يلزم اشتراك سكان المدينة اشتراكاً فعلياً فى شئون مدينتهم وذلك تمشياً مع روح المدينة العربية الحديثة .

٣ - كما يلزم تدبير المبالغ الكافية ووضعها تحت تصرف البلديات حتى تتمكن من مواجهة الاحتياجات القائمة والمستقبلية للخدمات العامة كالنقل العام والمياه والكهرباء والتخلص من الفضلات .

كما يجب تدبير المال اللازم لحصول البلديات على أراض معتدلة الثمن ضمن نطاق الامتداد المنتظر لاستخدامها مستقبلاً للصالح العام .

سادساً : الإسكان وعلاقته بتخطيط المدن :

١ - تقتضى أهمية السكن للإنسان ، أن تعطى السلطة المختصة بالتخطيط القومى عند توزيع الاستثمارات أولوية أكبر لمشروعات الإسكان التى تعتبر صناعة فى حد ذاتها تزيد من فرص العمل ومن نشاط صناعات أخرى .

٢ - تمويل مشروعات الإسكان الاقتصادى يجب أن يكون أساساً عن طريق القطاع العام .

قرارات وتوصيات المؤتمر الهندسى العربى الثامن

المنعقد بالقاهرة من ٨ - ١٢ مايو (آيار) ١٩٦٣

أولاً :

يتقدم المؤتمر بخالص الشكر لسيادة الرئيس جمال عبد الناصر على تفضله بشمول المؤتمر برعايته وإيفاد السيد المهندس أحمد عبده الشرباصى عضو مجلس الرياسة نائباً عنه فى افتتاح المؤتمر .

ثانياً : قرارات وتوصيات عامة :

١ - يعلن المهندسون المشتركون فى المؤتمر اغتباطهم بتكوين اتحاد المهندسين العرب فى ٢٨ ابريل (نيسان) سنة ١٩٦٣ وتأييدهم لأهدافه ويعاهدون الله على وضع عملهم وخبراتهم تحت تصرف البلاد والأقطار العربية كافة حتى تمضى تلك التى قطعت شوطاً فى سبيل النهضة الشاملة قدماً فى مسيرة ركب الحضارة العالمى وتقدم صفوفه ، وتأخذ الأخرى منها بأسباب التقدم السريع لتلحق بالركب .

٢ - تعريب المصطلحات العلمية والفنية والرموز وتوحيدها أمر واجب لى تعود للعرب مكانتهم فى العلوم والفنون وضرورة حتمية للتعل والتدريب لمن هم دون المستوى الجامعى صفة خاصة .

ويوصى المؤتمر اتحاد المهندسين العرب بالمبادرة بمراجعة ماتم وضعه من هذه المصطلحات والرموز فى مختلف البلاد العربية لتوحيدها وتطويرها بما يتفق والنهضة العلمية المباركة فى مختلف البلاد والأقطار العربية .

ويسر المؤتمر إن يشيد بالجهود التى بذلتها إدارة التدريب المهنى بالقوات المسلحة بالجمهورية العربية المتحدة فى إعداد

معجم المصطلحات الفنية المتضمن ٣٥٠٠٠ مصطلح وتعبير فى الذى يعتبر هو وما تم إعداده فى البلاد والأقطار العربية الأخرى من معاجم أساساً صالحاً للعمل .

٣ - يوصى المؤتمر الجهات المعنية بعمل دراسات تحليلية إحصائية على مختلف المشروعات ومتابعة ماتم تنفيذه منها للتأكد من تحقيقها لأهدافها ومن صلاحية تصميمها بمقارنة نتائج تشغيلها مع المعايير التى صممت على أساسها للاستفادة منها على أتم وجه ولتحسين وتطوير المشروعات وتخفيض تكاليفها .

٤ - يؤكد المؤتمر أهمية البحوث العلمية والتكنولوجية وضرورة إيجاد مراكز لهذه البحوث تتوافر فيها الإمكانيات الضرورية ، وتؤمن لها الاعتمادات اللازمة . كما يوصى بتوثيق الروابط وتنسيق الجهود وتبادل الخبرات بين هذه المراكز فى البلد الواحد من ناحية وفى مختلف الدول والأقطار العربية من ناحية أخرى .

٥ - تفتقر البلاد والأقطار العربية إلى الخبرات الفنية على مختلف المستويات وفى مختلف التخصصات ويقتضى الأمر تعميم مراكز التدريب المهنى وتدعيمها وموالات التدريب أثناء العمل لرفع المستوى الفنى والكفاية الإنتاجية .

٦ - لما كان التخطيط علماً حديثاً نسبياً وكانت البلاد العربية بصفة عامة يعوزها المخططون المتخصصون . لذلك يوصى المؤتمر بالاهتمام بدراسات التخطيط على المستوى الجامعى وما فوقه سواء فيما يتعلق بالتخطيط القومى أو الإقليمى أو لتخطيط المدن والقرى .

٧ - يوصى المؤتمر بالاهتمام بالوقاية من الغبار الذرى

٤ — يرى المؤتمر أن تتضمن اللجان الفنية الدائمة لاتحاد المهندسين العرب لجنة تختص بتخطيط المدن والتخطيط الإقليمي .

٥ — يوصى المؤتمر بضرورة الاهتمام بالدراسات التخصصية العليا في تخطيط المدن والقرى .

٦ — يوصى المؤتمر بالمبادرة إلى وضع أسس لتحديد المصطلحات اللازمة لمختلف منشآت الخدمات العامة .

٧ — لما كانت البلاد العربية تتضمن مساحات صحراوية شاسعة تحسن الاستفادة منها على أكل وجه يوصى المؤتمر بالاهتمام بالدراسات والأبحاث الخاصة بهذه المناطق وباستغلالها وتعميرها على أسس علمية سليمة .

رَبْعاً : تخطيط وإصلاح القرية :

١ — يؤكد المؤتمر أهمية العناية بإصلاح القرى العربية التي يسكنها ما يقرب من ثلثي السكان في بعض البلاد والأقطار والتي لا تزال في حالة التخلف لا يصح السكوت عليها .
بعمل دراسات شاملة للقرى تتضمن النواحي العمرانية والصحية والتعليمية والاقتصادية والاجتماعية ووضع برامج للنهوض بالقرى من جميع النواحي .

٢ — لما كان إصلاح القرى العربية عملاً ضخماً يتطلب جهوداً كبيرة وأموالاً كثيرة ووقتاً متسعاً لذلك يوصى المؤتمر بوضع سياسة عاجلة لإصلاح القرى وسياسة طويلة المدى للسير على هداها .

وفما يتعلق بالسياسة العاجلة يرى المؤتمر إدخال تحسينات في جسم القرية الحالية من حيث الشوارع والميادين وتوفير المرافق العامة لها والعمل على أن تقام المباني الجديدة خارج القرية الحالية والاكتفاء بالإصلاحات اللازمة للمباني القائمة واختيار المواقع المناسبة لامتداد القرية وتركيز المباني الجديدة والخدمات فيها .

وبالنسبة للسياسة البعيدة المدى يوصى المؤتمر بأن يكون تخطيط القرية على أسس إقليمية مدروسة ترغب سكان القرية

وعمل الدراسات المتصلة بذلك ووضع التشريعات اللازمة بشأن إقامة الملاجىء الواقية من هذا الغبار على أن يصاحب ذلك حملة واسعة لتقابل خوف الجماهير من أخطار الغبار الذرى ولإنماء وعيهم لاتقاء هذه الأخطار عن طريق النشرات المبسطة .

٨ — تقتصر القوانين الحالية المتعلقة بالإسكان على تقسيم الأراضي وإنشاء الأبنية وقد أصبحت هذه القوانين في حاجة إلى التعديل . كما أن هناك حاجة ماسة لإصدار قوانين تتعلق بتخطيط المدن والقرى متضمنة استعمال الأراضي وتحديد المناطق وإزالة الأحياء غير الصحية .

ويوصى المؤتمر بسرعة إعداد وإصدار التشريعات الشاملة في هذا الصدد على أن تنبثق هذه القوانين من الأسس والمبادئ التخطيطية والمهندسية السليمة وفقاً لظروف البيئة المحلية .

خامساً : تخطيط الممر :

١ — يؤكد المؤتمر أهمية التخطيط القومى لتحقيق النمو المتكامل للمجتمع في البيئة العربية خصوصاً في مرحلة النمو السريع الذى تجتازه لمسايرة ركب الحضارة والذى يثقل مواردها المادية والبشرية : ويوصى بإنشاء هيئات عليا للتخطيط القومى في جميع البلاد والأقطار العربية التي لم تأخذ بذلك بعد على أن تضم أخصائيين في مختلف ميادين التخطيط الشامل وأن تراعى أهمية دور المهندسين المتخصصين في التخطيط الإقليمي وتخطيط المدن والقرى .

٢ — يؤكد المؤتمر التوصيات السابقة بشأن ضرورة توافر البيانات الإحصائية الدقيقة على التفصيل الكافى والمسح الشامل لإمكان وضع الخطط القومية ويوصى بالتعجيل بذلك .

٣ — يوصى المؤتمر بالتعجيل بإعداد تخطيطات عامة لمختلف الحواضر والمدن العربية على أن تكون من المرونة بما يسمح بمسايرة التطور المستمر وأن يراعى ربطها بالتخطيط الإقليمي للمنطقة المحيطة بها .

السكنية مكتملة المرافق والخدمات وأن تنفذ هذه المرافق في نفس الوقت الذي تنشأ فيه المجموعات السكنية وبالقدر اللازم لها .

يوصى المؤتمر بالتوسع في إنتاج الحمامات وتدير الأدوات والمواد والمعدات اللازمة للبناء بما يفي بحاجيات البلاد . كما يوصى بتوحيد المقاسات لتخفيض تكاليف البناء .

٥ - تحقق أجزاء المباني السابقة الصنع وفراً في التكاليف وفي مواد البناء وسرعة في تشييد المباني المتكررة الوحدات ولذلك يوصى المؤتمر بالتوسع في استعمالها وفي إقامة المصانع اللازمة لها على أن يراعى فيها ظروف البيئة المحلية .

٦ - لما كانت المباني ثروة قومية يجب الإبقاء عليها ما أمكن ونظراً لما هو مشاهد من عدم الإهتمام بأعمال الصيانة يوصى المؤتمر بالعمل على نشر الوعي اللازم في هذا الصدد وعلى تخصيص الاعتمادات المطلوبة لصيانة المباني الحكومية والعامّة .

٧ - تستلزم النهضة الصناعية وما يتبعها من وجود مجموعات كبيرة من العاملين بالمصانع بجوارها تهيئة مشروعات إسكانية متكاملة لهذه المجموعات . ويوصى المؤتمر باعتبار هذه المشروعات جزءاً متمماً للمصانع يساعد على رفع القدرة الإنتاجية فيها .

سادساً : العمارة :

١ - يوصى المؤتمر بأن يقصر وضع التصميمات المعمارية على المهندسين المعماريين المؤهلين .

٢ - يوصى المؤتمر بالمحافظة على خصائص الطرز المعمارية العربية وتطوير هذه الطرز وتطبيقها في إنشاء بعض المباني العامة كالمتاحف والمعارض والمكتبات .

٣ - يوصى المؤتمر بالمحافظة على المناطق الأثرية الهامة ذات الطابع الخاص باعتبارها تراثاً قومياً ومنع إقامة المنشآت التي تقضي على روعة المنطقة وسن التشريعات اللازمة لذلك .

في البقاء فيها وتقلل من هجرتهم إلى المدن مما يخلق المشاكل للقرية والمدينة معاً .

ومن جهة أخرى يوصى المؤتمر بعمل تخطيط إقليمي شامل للريف يراعى فيه التطور الزراعي والاقتصادي كما يوصى بالتوسع في إنشاء الصناعات الريفية لرفع المستوى الاقتصادي لسكان الريف .

٣ - يوصى المؤتمر بالربط الوثيق بين مختلف الهيئات والمصالح التي تعنى بشئون القرية وتنسيق العمل بينهما وإيجاد جهاز يختص برسم سياسة إصلاح وتعمير القرى

٤ - يوصى المؤتمر بالتوسع في عمل الدراسات والبحوث الفنية المتصلة بالقرية وبالمسكن الريفي ويوضع معايير قياسية لوحدات المسكن لتحسين طرق الإنشاء وتخفيض التكاليف . كما يوصى بالامتداد الرأسى للمبنى لمواجهة النمو المتزايد في عدد السكان .

٥ - يشكل النمل الأبيض خطراً على بعض القرى في أغلب البلدان العربية ويوصى المؤتمر بالاستفادة بما تم من دراسات في هذا الشأن وباتخاذ الاحتياطات الوقائية في إنشاء المباني لتقليل في هذا الخطر .

خامساً : الإسكان :

١ - يبدى المؤتمر اهتمامه بما تم في بعض البلاد العربية من إعداد المواصفات القياسية والقواعد التطبيقية واشترطات أسس التصميم والتنفيذ المتصلة بالإسكان ويوصى بسرعة إصدارها وبمبادرة البلاد العربية الأخرى بدراستها والأخذ منها بما يتفق مع ظروفها الخاصة - كما يوصى بمواصلة الدراسة وتطوير هذه المواصفات والقواعد والاشتراطات .

٢ - يوصى المؤتمر بوضع اشتراطات تحكم الحد الأدنى لوحدات المسكن من حجرات ومنافع وفتحات من حيث المساحة والارتفاع والحجم .

٣ - يوصى المؤتمر بأن تكون المجموعات والمناطق

سابعاً : موارد البناء :

١ — يوصى المؤتمر بما يلي :

(أ) التوسع في إنتاج الحديد على المقاومة والمعالج على البارد .

(ب) التوسع في استعمال الخرسانة خفيفة الوزن والخرسانة سابقة الإجهاد .

(ج) التوسع في زراعة الأشجار التي تصلح أخشابها لبناء ودراسة الأشجار الموجودة في البلاد العربية والأفريقية والآسيوية من حيث صلاحيتها لهذا الغرض .

(د) التوسع في إنتاج الخشب الصناعي من الخلفات الزراعية .

(هـ) الاهتمام بصناعة اللدائن كمادة بناء حديثة ينتظر لها توسع كبير في المستقبل .

٢ — نظراً لأهمية الأسمنت المتددي للخرسانة سابقة الإجهاد الكيميائي ولما ينتظر أن تحدثه من تطور في صناعة البناء يوصى المؤتمر بضرورة إنتاج هذه المادة في البلاد والأقطار العربية والتوسع في استعمالها

ثامناً : المرافق :

١ — تعاني أغلب المدن والقرى العربية نقصاً كبيراً في المرافق العامة وانخفاضاً في مستوى الوجود منها — ولما كانت مشروعات المرافق العامة كبيرة التكاليف ويحتاج

القيام بها إلى دراسات وخبرات فنية وتكنولوجية عالية ، لذلك يرى المؤتمر أن تتكفل الحكومات بمسؤوليات هذه المشروعات وتعميمها على جميع السكان بما يطابق الحاجيات والإمكانات وإن تعتبر من الخدمات العامة وإن تقدمها الحكومات للشعب بأقل الأسعار .

٢ — يوصى المؤتمر بتوحيد ذبذبة القوة الكهربائية وضغوطها في كل بلد عربي وفي البلدان العربية عامة على أن يتم هذا التوحيد في أقصر وقت ممكن .

٣ — تفتقر غالبية المدن العربية إلى الصرف الصحي (المجاري) رغم أهميته الصحية ويوصى المؤتمر بأن تتمشى مشروعات الصرف الصحي مع مشروعات تعميم مياه الشرب وأن يبدأ بالمدن الشديدة الاحتياج لهذا المرفق .

٤ — تعتبر مشكلة التخلص من الفضلات الآدمية من المشاكل الشديدة الخطورة على الصحة العامة خصوصاً في المناطق الريفية ويوصى المؤتمر بأن تعنى الحكومات والإدارات المحلية والهيئات الهندسية بالعمل على تعميم المراحيض المنزلية وتقديم المساعدات الفنية والمالية والقيام بالدراسات الضرورية لذلك .

٥ — تعاني بعض الحواضر مشاكل عديدة تتصل بالنقل العام داخلها ويترتب عليها ضياع الكثير من الوقت والمال ، ويوصى المؤتمر مشدداً بضرورة الاهتمام بهذه المشاكل ووضع الحلول لمواجهتها مع الاستعانة بالنقل تحت سطح الأرض عند الاقتضاء .

توصيات المؤتمر الأفريقي الآسيوى للاسكان

يوصى المؤتمر بإعداد برامج طويلة الأجل للاسكان في إطار متناسق يراعى فيه زيادة نسبة ما ينشأ من المساكن المنخفضة التكاليف .

٥ — نظراً لما تقطعه الدول الأفريقية والآسيوية من خطوات سريعة في مراحل نموها وتطورها :

يوصى المؤتمر بالأخذ بمبادئ التخطيط الشامل الطويل الأجل بمستوياته القومية . والإقليمية والمحلية لتطوير هذا النمو في إطار متكامل يحقق هدفها الأساسى من ارتفاع لمستوى رفاهية شعوبها الذى يعتبر المسكن اللائق أحد العناصر المحقة لها .

٦ — يوصى المؤتمر بأن يتم توزيع التجمعات السكنية على أساس من التخطيط الإقليمى الشامل الذى يستهدف التوازن بين طاقات الصناعة والزراعة كمصادر للرزق وبين عدد السكان في تلك التجمعات بما يحقق التوزيع السليم للسكان .

٧ — يوصى المؤتمر بأن تبني سياسة تخطيط المدن على أساس إعادة تخطيط وتعمير المناطق الغير صحية وذلك في نطاق الاستعمال السليم للأرض حتى لا تستقطع المدن في مراحل نموها مساحات من الأراضى الزراعية والأراضى المخصصة لأغراض الترويح .

٨ — نظراً لحاجة التجمعات الريفية في الدول الآسيوية الأفريقية إلى التطوير :

يوصى المؤتمر بضرورة إعادة تخطيط القرية في ظل سياسة عامة إقتصادية وإجتماعية تستهدف الإرتفاع بمستوى الريف ويجب العمل على رفع مستوى المسكن الريفى في إطار برامج هذه السياسة بحيث يعبر عن تطور القرية وتطور المستوى المعيشى والإجتماعى للأسرة التى تشغله .

قرارات وتوصيات المؤتمر الهندسى العربى الثامن :

يتقدم المؤتمر بخالص الشكر لسيادة الرئيس جمال عبد الناصر على تفضله بشموله المؤتمر برعايته وإيفاد السيد المهندس أحمد عبده الشرباصى عضو مجلس الرياسة نائباً عن سيادته في افتتاح المؤتمر :

١ — يعلن المشتركون في المؤتمر اغتباطهم وتأيدهم لفكرة انعقاده لما يحققه تبادل الخبرات والدراسات بين الدول المشتركة من نتائج طيبة ويوصون بضرورة انعقاد هذا المؤتمر بصفة دورية كل سنتين .

٢ — نظراً لتشابه مشكلات الإسكان في الدول الأفريقية والآسيوية في كثير من نواحيها وعملاً على تهيئة ظروف التعاون الوثيق بينها في مجال الإسكان

يوصى المؤتمر بالعمل على إنشاء مركز دائم للاسكان والبناء والتخطيط للدول الأفريقية والآسيوية يعمل على تيسير تبادل المعلومات والخبرات بين مراكز إقليمية لهذه الدراسات .

٣ — يوصى المؤتمر بضرورة وضع مشاكل الإسكان في الأولوية المناسبة عند وضع خطط التنمية باعتبارها جزءاً هاماً من مراحل التطور التى تمر بها هذه الدول — وينوه بأن مشروعات الإسكان لا تقتصر على كونها من مشروعات الخدمة بل تساهم مساهمة فعالة في خلق وتدعيم الصناعات المتصلة بها كما تساعد على زيادة فرص العمل والإنتاج .

٤ — إزاء قصور الموارد المادية المخصصة للاسكان بالدول النامية عن إستيفاء مختلف إحتياجات شعوبها للمساكن اللائقة ومواجهة الإحتياجات التى يتطلبها زيادة عدد السكان ومقابلة النقص في المساكن والحد من التدهور المستمر في المساكن القائمة وتحقيقها لأكبر استفادة ممكنة للموارد المخصصة للاسكان وتحقيقاً للعدالة الإجتماعية :

١٥ — يوصى المؤتمر بضرورة دراسة ومتابعة تحقيق المشروعات السكنية لأغراضها حتى يمكن تطوير المشروعات المستقبلية حسب ما تقضى به نتائج المتابعة .

١٦ — نظراً للنقص الشديد الذى تعانيه غالبية الدول النامية فى الأجهزة الفنية للتخصصات المختلفة فى التخطيط والإسكان والبناء والحاجة الشديدة لتوفير الاحتياجات اللازمة من هذه التخصصات لمجابهة التطورات السريعة فى هذه الدول.

يوصى المؤتمر بضرورة تدعيم برامج التدريب والتعليم بمستوياته المختلفة وخاصة التعليم الجامعى فى هذه المجالات .

١٧ — تشكل مواد البناء قطاعاً من أهم القطاعات الاقتصادية فى الدول النامية وتدخل بصورة فعالة فى كل ما يقام لتدعيم صرح الاقتصاد القومى بها :

ويوصى المؤتمر بضرورة القيام بدراسات فنية لمواد البناء المتوفرة حالياً بغرض تحديد خواصها وإمكانيات استخدامها والعمل على تطوير طرق تصنيعها واستنباط الجديد منها والبحث عن استعمالات جديدة لها .

١٨ — يوصى المؤتمر بالاستمرار فى دراسة استخدام الوحدات الجاهزة بغرض الحصول على وفر فى تكاليف البناء وتوفير الوقت اللازم للإنشاء ، على أن يراعى تصنيع الوحدات الجاهزة محلياً وسهولة تركيبها .

١٩ — نظراً لزيادة حجم مشروعات الإسكان والتشييد بصورة عامة فى البلاد النامية ، والتطور العمرانى الكبير فى صناعة البناء فيها مع إتساع مجال استخدام كثير من مواد البناء .

يوصى المؤتمر بضرورة اتخاذ الخطوات اللازمة لاستكمال وضع المواصفات القياسية لمواد البناء المستخدمة فيها ، مع ضرورة إعطاء هذه المواصفات الفاعلية الملزمة للصناعات المحلية باتباعها .

٢٠ — نظراً لتعدد مشكلة المواصلات بالمدن الكبرى . يوصى المؤتمر بأن تدرس هذه المشكلة كعنصر هام من عناصر التخطيط العام للمدينة .

٩ — نظراً لعدم توافر رأس المال المدخر لدى أفراد الطبقات قليلة الدخل بالمناطق الريفية .

يوصى المؤتمر بتوجيه كل عناية نحو استخدام طاقاتهم البشرية عن طريق العمل الذاتى فى تحسين مستوى بيتهم السكنية .

١٠ — لتخفيف أعباء القطاع العام فى حل مشاكل الإسكان لمحدودى الدخل :

يوصى المؤتمر بتشجيع النشاط التعاونى الإسكانى بالحضر والريف وتدعيمه بمختلف المساعدات الفنية والمادية لضمان قيامه بدورة الفعال فى هذا المجال .

١١ — تنظماً وتدعماً لعملية تمويل مشروعات الإسكان: يوصى المؤتمر بإنشاء بنوك تودع فيها المبالغ التى تخصص لهذا القطاع وكذلك مدخرات الأفراد التى تستثمر فى هذا المجال .

١٢ — يوصى المؤتمر أن تقوم الدول الأفريقية والآسيوية بإصدار قانون منسق خاص بشئون الإسكان وتخطيط المدن لبيان الحد الأدنى لمقومات المسكن الصحى وينظم المساعدات الفنية والمادية .

١٣ — نظراً لزيادة عدد السكان بنسبة كبيرة فى معظم الدول النامية مما يعرقل الجهود التى تبذل لزيادة الدخل القومى وبالتالي رفع مستوى دخل الفرد ومستوى المعيشة كهدف أساسى لهذه الدول :

يوصى المؤتمر أن تقوم الدول الأفريقية والآسيوية التى يهتمها الأمر ، بوضع سياسة محددة لتنظيم الأسرة والنسل مع نشر الوعى الاجتماعى والثقافى فى هذا الخصوص بكافة الوسائل .

١٤ — يوصى المؤتمر بتنظيم برامج للتوعية المعيشية والاجتماعية بين الطبقات المحدودة الدخل فى الدول النامية عن طرق استعمال المساكن وصيانة وإدارة المناطق السكنية جنباً إلى جنب مع إنشاء المساكن وتحسين القائم منها حتى يستمر السكن فى أداء وظيفته كأوى لائق تنتفع به الأسرة أطول مدة ممكنة ولا مكان المحافظة عليه كعنصر هام من عناصر الثروة القومية .

الاسكان الريفي

اقتراحات اللجنة العليا لبحوث الريفي

بوزارة البحث العلمي

بمكتب الدكتور النور المفق

لن يؤدي إلى نجاح يذكر ، لأن دور الدولة يجب ألا يزيد عن المساندة والعون والإرشاد والتنمية نفسها يجب أن تتبع تلقائياً من القرية بمساعدة توجيه المسؤولين .

وأنه لما يثلج صدورنا أن نلمس وعياً عاماً وبقظة ضمير من كافة الهيئات العاملة في جمهوريتنا الفتية بحق مجتمعنا الريفي في نهضة شاملة ومصدر هذا الوعي شعور القلق البالغ لما يكتنف القرية المصرية من تأخر يقلل من شأن أى تقدم نحززه في كافة المجالات الأخرى .

تجارب متعددة لتنمية المجتمع الريفي :

ومن الظواهر التي تدعو للارتياح والتأمل قيام تجارب متعددة مختلفة الأشكال والأحجام كلها تتجه نحو تنمية المجتمع الريفي .

ولعل أهم الخطوات الجبارة التي تمت في سبيل تقدم المجتمع الريفي هي الحكم المحلي ونحن لا نبالي إذا قلنا إنه بدون هذه الخطوة كان من المحال تحقيق أى تقدم حقيقي في هذا السبيل . ولا نبالي في التفاؤل إذا توقعنا نتائج باهرة للحكم المحلي خاصة عندما ينطبق واقع على الفلسفة التي أملت وجوده — أى عندما يبدأ التخطيط والبياداة من القاعدة أى من القرية .

ومن المشروعات الهامة أيضاً : ما تم من إمداد القرى بمياه الشرب النقية وإننا نشعر بالفخر للخطوات التي

كان بالإمكان أن تسلك اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية أحد أعضائها المهندسين لإلقاء هذه الكلمة وبها من فطاحل المهندسين من هو أقدر مني بكثير على تمثيل اللجنة .

ولكن اللجنة أصرت على ندبي للمساهمة في هذا المؤتمر — إمعاناً منها في إبراز حقيقة ترقى في نظرها إلى حد اليقين والإيمان — هذه الحقيقة هي أن الإسكان الريفي ليس عملية هندسية محددة المعالم ، وإنما هي مسألة أعمق من هذا بكثير ، إذ أنها عملية متكاملة تشمل تنمية المجتمع الريفي في كافة النواحي دون ترك ثغرة قد تؤدي بجميع الجهود المبذولة .

الإسكان جزء من عملية تنمية المجتمع ، والمشكلة السكنية في ريفنا المصري عميقة الجذور لأنها انعكاس لانخفاض المستوى المعيشي والتأخر الاجتماعي الذي عانى منه فلاحنا سنوات طويلة . فالمشكلة السكنية في ريفنا إذ لا تقف وتنتهي بمجرد هدم القرى وبناءها من جديد ، فما هذا إلا علاجاً ساذجاً للأعراض وليس علاجاً للداء الدفين . ونحن جميعاً نعلم أن مشروع مكافحة الحفء أخفق لأنه عالج ظاهرة سطحية ولم يتصد للأسباب .

والإتجاه إلى حل المشكلة بإعادة بناء القرى من جديد دون أن يصحب هذا التجديد المعمارى عملية جذرية لتنمية المجتمع الريفي وتغيير القيم التي تقف في سبيل التطور السليم

والحالة ماثلة للطبع انتقل إلى رحمة الله الأستاذ الدكتور أنور المفق .. وقد ترك بوفاته فراغاً في عالم الطب والحياة الاجتماعية ، فلم يقتصر نشاط الفقيد على أستاذيته في الطب بل اتسعت جهوده لتشمل النواحي العمرانية في الريف وتطويره ..

والحالة إذ تنبأه ترحوم من الله أن يتغمده برحمته بقدر ما أسهم به في خدمة وطنه ومواطنيه ..

سكانها الفعلية ولأخذ صورة حية بالأرقام والإنطباعات الشخصية عن ظروف القرى حالياً ، حتى يتم التقييم — بعد بضع سنوات من تنمية المجتمع — على أساس علمي يسهل عملية المقارنة ولمس النتائج التي وصلت إليها عملية التنمية .

ونحن نؤمن أن التقييم بمساعدة هيئة معاينة ، غير الهيئة القائمة بالخطوات العملية في أى مشروع أو برنامج ، ضمان لعدالة الحكم لأن النفس البشرية مهما تجردت من الهوى لا ترى من أخطائها ما يراه الغير .

ولضمان موضوعية البيانات وبعدها عن الهوى الشخصي أسندت عملية المسح إلى هيئة محايدة لها وزنها العظيم من ناحية العلم والكفاءة الميدانية وهى المركز القومى للبحوث الإجتماعية والجنائية . وستتم عملية التقييم بعد عدة سنوات بمساعدة نفس الهيئة .

وعملينا المسح والتقييم هما سبيلنا إلى التعرف على نواحي الضعف والقوة فيما نؤديه من أعمال وهما سبيلنا إلى تلافي تكرار الخطأ فى المستقبل ، وحيث أن تجربتنا برؤية مركزة على ست قرى تختلف ظروف كل واحدة منها عن الأخرى فنحن نعتقد أن أى خطأ فى خطواتنا العملية وأى فشل يعترضنا فى حدود التجربة الصغيرة يعد نجاحاً ما دمنا نتلمذ به إليه ونعترف به فى شجاعة ، إذ سيساعدنا على تحاشي تعميمه .

٢ — التنمية تنبع من قلب القرية :

وأن يقيننا ليزداد كل يوم عن تجربة بأن أهالى القرية أقدر على تفهم مشاكلهم بأنفسهم وعلى تلمس الحلول لتلك المشاكل ، من أى هيئة أخرى خارجية ، مهما بلغ من علمها وإمكاناتها . وأن ما رأيناه ولمسناه من ذكاء واستعداد طيب فى ندواتنا المتكررة فى الريف ليوحى بتفاؤل حقيقى .

وعملية التنمية حين تتم بسواعد أبناء القرية تكون تنمية جذرية أصيلة تلقائية صادرة عن رغبة صادقة ومن ثم يكتب لها البقاء والدوام . بينما أى خدمات تقدم للقرية بدون مشاركة الأهالى تنقص درجة كفاءتها بشكل قديوى

أخذت فى هذا السيل حتى الآن ، وإن أى مقارنة دراسية لنسبة أمراض التلوث المعوى عند الأطفال والبالغين فى القرية قبل إمدادها بالماء وبعده ليجعلنا نؤمن أن المبالغ التى أنفقت لتنفيذ هذا المشروع تتضاءل بجانب نتائجها العظيمة .

ولن أطيل هنا فى تقييم أعمال الوحدات الجمعية التى كانت بشيراً ورائداً للحكم المحلى وما ينتظر منها من خدمات تحقق تكامل حلقات نمو المجتمع الريفي فى مجال الزراعة والتعاون والرى والصرف والتعليم ، كما لن أتوسع فى التحدث عن النور المرووق الذى تنتظره من العيادات الريفية وخاصة عندما تتمكن من التصدى لواجباتها الوقائية .

وهناك تجارب متعددة للتنمية الزراعية على نطاق المحافظات . إحداها تهدف إلى زيادة الإنتاج وميكنة الزراعة ، وأخرى تتجه إلى الفلاحين لتقوى من إمكانياتهم التعاونية لكي تساندكم فى أن يزيدوا من دخلهم بأنفسهم . وهناك تجربة ثالثة على نطاق ضيق تقوم بها وزارة البحث العلمى وهى تجربة بؤرية focal إقتصرت على ست قرى فى محافظتى الجيزة والبحيرة وبدأت منذ سنة وهدفها دراسة مناهج تنمية المجتمع الريفي وإعطاء نماذج حية لطرق الإصلاح التى تنبثق من واقعنا وتناسب مع إمكانياتها وطاقاتها .

وهنا يجدر بي أن أستعرض ما وصلت إليه اللجنة القائمة بهذه التجربة من آراء وما أخذت به نفسها من مبادئ فى العمل ، مع التركيز بصفة خاصة على خطتها فى مواجهة مشكلة الإسكان فى الريف .

الخطوة العامة للتنمية

١ — المسح والتقييم :

كانت أول خطوة أخذت فى منهج دراسة القرى الست التى وقع عليها الاختيار كتجربة لتنمية المجتمع الريفي هى عملية المسح الإجتماعى والصغى والإقتصادى الشامل للتعرف على الظروف المحلية فى كل قرية وعلى احتياجات

٤ - دور الحكم المحلى فى التنفيذ :

إننا نعتقد أن رسالة الحكم المحلى الكبرى هى النهوض بالريف ومن ثم لجأت اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية إلى الاستعانة فى عملية التنفيذ بالحكم المحلى فى محافظتى الجيزة والبحيرة . وهاتان المحافظتان تقع فى نطاقها القرى الست التى تجرى عليها التجارب وأن التعاون الوثيق بين اللجنة وأجهزة الحكم المحلى فيه تدريب على العمل كفريق وخطوة أولى فى مجال التجربة حتى يبدأ التعميم . ذلك أنه عندما تثبت صلاحية أى منهج من مناهج تنمية المجتمع الريفي سيقع عبء التعميم فى القرى على الحكم المحلى ، ولذلك كان قيامه بأكبر قسط من التنفيذ ضماناً لأصالة التجربة ولقبولها للتطبيق والتعميم بعد نجاحها .

٥ - التكامل integration فى عملية التنمية :

إن مشاكل القرية كل لا يتجزأ مثل شخصية الفرد فى سائرها . وتؤمن اللجنة أن أى نمو للقرية فى ناحية معينة بالناحية الاقتصادية أو الثقافية أو الإسكانية بدون مماثل متكامل فى النواحي الأخرى ينتج عنه مسح مشوه ، وينتج عنه بلبلة بالغة .

فمثلاً إذا عمدنا إلى زيادة دخل الفلاح بدون أن تصحب هذه الزيادة توعية عامة وبدون محاولات لتنظيم التسلسل ، سرعان ما تبخرت هذه الزيادة بازدياد أعباء الفلاح المالية لتضخم حجم أسرته وراحته كل الجهود التى بذلت فى سبيل زيادة الدخل هباء ، إما لعدم معرفته بطرق الإنفاق السليمة ، ذلك أن أى زيادة فى الإنتاج لا يصاحبها توعية الأهالى بما لهم من حقوق وما عليهم من واجبات تجعل من السهل ابتزاز حقوقهم ومكاسبهم .

ومثال آخر . . . إذا على العكس بدأنا بالتوعية قبل توفير الخدمات قد يؤدي شدة حماسنا إلى أثر عكسي . فإذا ما بدأ فى قرية ما بتوعية الناس للأخذ بالعادات الصحية السليمة بدون تيسير المرافق الصحية فحتماً سيؤدي ذلك إلى خلق موجة من القلق فى النفوس وعدم الرضا .

إلى عكس المقصود منها . وأمامنا مثال حى على ذلك ، فالوحدات المجمع ، وهى نظرياً أقصى ما يمكن لدولة ما أن تمد به قراها ، هذه الوحدات تصبح أجهزة عاجزة لا كفاءة لها إذا لم يساهم الأهالى فى أعمالها مشاركة واعية .

وعلىنا إذا أن نضع فى إعتبارنا دائماً النقطتين التاليتين :

(أ) أولاً : أن خطط تنمية الريف حين ترسم فى المكاتب وأن عمليات الإشراف والتوجيه حين تصدران من أعلى ولا تنبع فى مجموعها من قلب القرية النابض وباشترك الأهالى لن تؤدي إلا إلى سلبية الأهالى وإلى وقوفهم وقفة المنفرد الذى يملؤه الشك .

(ب) ثانياً : إن لكل قرية مشاكلها وظروفها المحلية الخاصة بها . وأنه كما لا يمكن علاج مجموعة من المرضى بوصف دواء واحد لهم لا يمكن تعميم عملية الإصلاح بمنهج موحد فى كل القرى ، إذ يجب أن يفصل الإصلاح على القرية تفصيلاً كدواء يختاره كل فرد ويوصى به لأنه يلائمه .

٣ - الإهتمام بالعنصر البشرى وصقل القيادات المحلية :

إن الإشتراك الفعلى فى عملية التنمية يجب أن يتم بطريقة منظمة عن طريق إعطاء الفرصة لإبراز القيادات المحلية . والإعتماد على شباب القرية فى كل الخطوات بتنظيمهم فى مجلس قرية ذو كفاءة وعدالة وفى جمعية تعاونية ذات أسس سليمة ونزاهة ، وهما أهم ضمان لاستمرار وازدهار عملية التنمية .

وهناك الكثير من الحاميات الطبيعية الأصيلة فى ريفنا المصرى ، وقد لاحظنا أن الشباب فى القرى التى عملنا بها كانوا يتعجبون فى مبدأ الأمر لأننا نستشيرهم فى كل خطوة نتخذها لأنهم تعودوا أن يفرض وأن يملأ عليهم كل إجراء دون استجابة تلقائية . ولكن بعد عدة ندوات ظهرت المبادأة وظهرت قيادات لم تكن نطمح فى ظهورها بهذه السرعة ، وكل ما تحتاج إليه تلك الحاميات ما هو إلا عملية تدريب منظم ونحن فى سبيل إتخاذ هذه الخطوة بمساعدة مركز التنمية بسرس الليان .

البرنامج الاسطاني :

أما فيما يتعلق بخطة الاسكان في الريف فقد أخذت اللجنة بالتزام القواعد الآتية :

١ - التطوير لا الطفرة :

تفضل اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية في برنامجها الاسكاني للقرى الست التي ركزت بها الدراسة الطريقة التهديسية لإصلاح مساكن القرية ومراققتها مع العمل على تخطيط امتداد القرية ووضع كردون لا تتعدى نطاقه المباني المستجدة وذلك على عكس القرية المستجدة التي تبنى في مناطق الإستصلاح والتعمير والتي تشمل مباني سكنية كلها جديدة .

والقرية الحالية كما هو معروف تنمو من الداخل مما يسد مسالكها ويجعل من المتعذر تحسين البيئة فيها . وهنا لا بد من خلخلة القرية للتضحية ببعض المساكن . وبالطبع لن تتم عملية إزالة بعض المساكن التي تعترض التخطيط الجديد إلا بعد الانتهاء من مساكن تعويضية لأصحابها في الكردون الجديد .

٢ - المعونة الذاتية :

تدرس اللجنة وسائل مختلفة عن مدى استعداد الأهالي للقيام بمهمة البناء بأنفسهم . وترى أن من أهم الخطوات إدخال مهارات فنية في القرية عن طريق تدريب بعض أبنائها . ويكون التدريب ميدانياً ، أي أثناء بناء الإنشاءات الجديدة وخاصة المباني التعويضية التي يهتم أصحابها إتمام بناءها على الوجه السرعة .

وقد بدأت اللجنة بتنظيم بعثات بعضها لتعلم كيفية صب وتركيب الأسقف الجاهزة في مكان التدريب الذي أنشأته وزارة البحث العلمي لهذا الغرض في بهتيم . وبعثات أخرى إلى كبرى القرى لتعلم مهارات مختلفة في البناء والنجارة السباكة والحدادة حتى لا تحتاج القرية إلى استيراد خبرات من المدينة تنوء بتكاليفها .

وعلى ذلك يجب أن تسير عملية التوعية جنباً إلى جانب توفير الخدمات وأن تكون الخدمات متكاملة لا تترك ثغرة ينتكس منها عملية التنمية في كليتها .

٦ - التدرج في توفير الخدمات :

يجب ألا تهز عملية التنمية القرية هزاً عنيفاً قد يحدث رد فعل عكسي . بل أن تتم العملية في تدرج مع احترام أساليب الحياة الموجودة . ذلك أن التقاليد حتى لو بدت للنظرة السطحية المتعجلة أنها مما يعرقل عجلة التقدم ، هذه التقاليد هي في الواقع حكمة الأجيال والأيام التي استعانت بها القرية على البقاء رغم كل ما أحاط بها من ظروف قاسية وهي قابلة للتغير التدريجي عندما تتغير الظروف التي أدت إلى ظهورها .

فإذا ما سقنا عملية الإسكان كمثال نجد القائلون بوجوب الإسراع في تنفيذ نظام الزرائب المجمعة صيانة لصحة الفلاح ولكننا لو تعمقنا في التعرف على تمسك الفلاح بماشيته لعرفنا أن السبب الرئيسي هو اعتبار تلك الماشية أهم أركان رأس ماله ، فهو إذا يدافع عن أمن ما يملك حين يأوى الماشية إلى جانبه داخل داره . . . وإذا ما رغبتنا في تغيير هذه العادة فلنبداً أولاً بتثبيت دعائم عملية التأمين على الماشية ومتى وفرنا له الأمان ضمناً استجابته .

ومثال آخر للتدرج عملية الماكينة في الزراعة (الاستعانة بالآلات) فكلنا نعرف أن مشكلتنا الرئيسية ترجع إلى التزايد السريع في السكان . وإن التدرج في الاستعانة بالآلات الميكانيكية سيجنبنا الكثير من العثرات وأهمها خلق بطالة جارفة في الريف زيادة على البطالة المقنعة الموجودة فعلاً بسبب الحاصلات الموسمية . فإذا أخطأنا التوقيت وبدأنا بالماكينة قبل خلق مجالات صناعية أو مشروعات جديدة لاستصلاح الأراضي تستوعب الأيدي الزائدة لتسببنا في تعاسة البشر وانزاع العمل الشريف من يد الزارع على حساب زيادة الإنتاج الزراعي وخاصة في المحافظات التي تزدهم بالسكان . فعلياً أن نراعي العامل البشري وألا نخل بالتوازن الحضري في فورة حماسنا بالإسراع بالماكينة .

٣ - تعداد النماذج والحلول :

حيث أن الإسكان الريفي لا يزال في مرحلة تجريبية فإن اللجنة تؤمن بإسناد عملية الإسكان إلى مهندسين ذوى اتجاهات معمارية متفاوتة وآراء هندسية مختلفة يتولون تصميم وتنفيذ نماذج مختلفة للمساكن والمباني الريفية في القرى التجريبية . وسيكون في تقييم كل نموذج من هذه النماذج في المستقبل الجواب على أيها أصح وأكثر ملاءمة لظروف القرية المحلية . ومن ثم يمكن تعدد الاتجاهات في تخطيط امتداد القرى التي تحتاج إلى تهذيب .

توصيات مقدمة إلى مؤتمر الإسكان :

١ - في تناولنا لموضوع الإسكان الريفي في قرى الجمهورية العربية المتحدة يجب أن نعترف بأن بحوث مناهج الإسكان الريفي لم تستكمل بعد حتى الآن وأن أى محاولات يجب أن توضع في عداد التجارب لا في موضع التنفيذ النهائي وذلك ربما لسنوات قليلة تحتاج إلى جهد تجريبي عظيم .

٢ - توصى اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية بوزارة البحث العلمى مؤتمر الإسكان أن يعمل على تسهيل عملية تمويل وإقراض الإسكان الريفي . ذلك أنه لو انتظرت كل قرية دورها في التخطيط المعماري لاضطرت أن تنتظر طويلاً حتى يحين دورها . ونحن نقترح التمويل بمساعدة الجمعية التعاونية الموجودة في القرية والتي يجب أن تكون أعمالها متعددة الأغراض ومن أهمها عملية الإسكان . ذلك أنه توجد بالجمهورية العربية المتحدة الآن سبع مؤسسات ضخمة لنواحى التعاون المختلفة ولا يقبل العقل ولا المنطق أن تكون سبع جمعيات تعاونية كل منها ذات تخصص مختلف في كل قرية . ذلك أن التخصص النوعى في الجمعيات التعاونية لا يجب أن يكون حجب البداية في الدول النامية على مستوى القرية ، بل يتم ذلك تباعاً وتدرجياً بعد مرور عدة سنوات على بدء عملية التنمية .

وإذا كانت القرية صغيرة الحجم وعدد سكانها محدود يقترح إسناد عملية التمويل الإسكاني إلى جمعية تعاونية متخصصة في الإسكان تشرف على عدة قرى .

٣ - توصى اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية بوزارة البحث العلمى بأن ينزل المهندسين المعماريين إلى مستوى القرية وأن يستعينوا بالقادة المحليين للتعرف على رغبات الأهالى الخاصة بالمسكن الملائم الذى يناسب ظروف بيئتهم المحلية . فالفلاح هو أول من يعرف احتياجاته واحتياجات أهل بيته وإذا احتجنا إلى تغيير جوهرى في طراز المسكن التقليدى للفلاح فيجب أن يتم ذلك بعد توعية شاملة وإلا هجر الفلاحون المساكن الجديدة . وأهم وسيلة لإقناع الفلاح بإدخال تغيير على مسكنه تأتي عن طريق إشراكه إشراكاً فعلياً في تفاصيل عملية البناء أو حتى الطلاء فقط .

٤ - توصى اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية أن يتم التطوير والتهذيب السكنى لكل قرية تدريجياً بدلاً من الهدم الكامل . وذلك لسببين رئيسيين : فمن ناحية حيث أننا لا زلنا في المرحلة التجريبية فيما يتعلق ببحوث مناهج الإسكان فنحن معرضين للنجاح والفشل والتجربة حيث تكون على نطاق ضيق يمكن تداركها ، ومن ناحية أخرى أن العبء ثقيل على الدولة الاشتراكية في مجالات الحياة كلها وبناء قرى الجمهورية العربية المتحدة التي يبلغ تعدادها أربعة آلاف يحتاج إلى ملايين الجنيهات وإلى مجهود سنوات . فلنبداً إذن تدريجياً حتى نضمن النجاح .

وإننا نختتم هذه الكلمة بأن الطريق شاق وطويل ونحن لا نهول من صعوبته ، ولكنها صعوبة تحفز العزائم ، وأن الكلمة الأخيرة في مناهج تنمية المجتمع الريفي والنهوض بالإسكان فيه في الجمهورية العربية المتحدة لم يصل إليها أحد بعد ولكنها هدف يستحق كل تضحية من أجله .

دور البنوك العقارية في تمويل الإسكان

للمهندس محمد لطفي حبيب

دور كبير في تمويل هذا النوع من الاستثمار بدون ارتباط
بسياسة عامة في هذا الشأن .

ولذلك ظلت مشكلة الإسكان قائمة بل أخذت تتفاقم
بسبب تزايد المراكز الصناعية وهجرة الأفراد إليها من
الريف وتسكدس العمال حولها في مساكن قديمة غير صحية
كما أن بيوت الفلاحين في القرى لم تلق أية رعاية أو محاولة
لتحسينها .

ولما كانت مشكلة الإسكان لها أثرها السيء والمباشر على
الإنتاج ، فإن الدولة عقب ثورة يوليو سنة ١٩٥٢ تدخلت
بطريقة جديدة لحل مشكلة الإسكان باعتبارها مسئولة عن
كفالة الخدمات العامة للشعب وما يترتب على ذلك من
زيادة الإنتاج .

ولقد أخذت الدولة اعتباراً من سنة ١٩٥٣ في وضع
مخطط مدروس لحل هذه المشكلة وكان للبنوك العقارية
شأن كبير فيه ، من ذلك أنها عمدت إلى تشجيع الجمعيات
التعاونية لإنشاء المساكن عن طريق تيسير حصولها على
قروض تعاونية بفائدة مخفضة وبسيطة وبشروط ميسرة ،
وعهدت إلى بنك الإئتمان العقاري القيام بهذه العملية ،
ورصدت مبالغ ضخمة للقيام بها .

وتنظيماً لمجهود الدولة في الإسكان وحل مشكلته جذرياً
قامت بوضع خطة خمسية حددت فيها عدد الوحدات السكنية
المطلوب بناؤها كل عام ، مع توزيع هذه الوحدات على المدن
والريف وكذلك توزيعها على المساكن الاقتصادية والمتوسطة
وفوق المتوسطة — وكذلك حددت مقدار اشتراك كل من
القطاع العام والقطاع الخاص في هذا الشأن .

ولقد اتجه الرأي إلى إنشاء بنك عقارى متخصص
للإسكان واقترح تحويل بنك الإئتمان العقاري إلى بنك

لم يكن للدولة قبل ثورة يوليو سنة ١٩٥٢ مخطط
مدروس لمشاكل الإسكان ، وكان الأمر كله متروكاً للقطاع
الخاص ، وكل ما يذكر بالنسبة لنشاط الدولة أنها أنشأت
عددًا قليلاً من المساكن للعمال ، ولم يكن هذا يمثل سياسة
عامة للإسكان في الدولة .

وتبعاً لذلك لم يكن للبنوك العقارية دور يذكر في هذا
الشأن إذ كانت مهمتها في ذلك الوقت هي مجرد تقديم
قروض بضمان عقار سواء أكان أرضاً زراعية أم عقارات
مبنية أم أراضى معدة للبناء إذ كان دورها حينئذ قاصراً على
إمداد أصحاب هذه الأراضى بقروض لإنشاء مباني عليها
أو لتسكيلة مباني قائمة .

ولقد بدأت هذه المشكلة تظهر بشكل واضح وخطير
أثناء الحرب العالمية الثانية وبعدها — وذلك بسبب الركود
في حركة البناء أثناء الحرب لأن الأولوية كانت للمنشآت
العسكرية والقوات المحاربة — وكان واجباً على الدولة أن
تتدخل لحل مشكلة الإسكان لكن دورها اقتصر على وضع
القوانين التي تقيد زيادة إيجارات المساكن إلا بنسبة ضئيلة
كما حرمت الملاك من حق إخلاء الأماكن المؤجرة إلا في
حالات الضرورة التي حددت على سبيل الحصر .

ومع ذلك ظلت المشكلة قائمة من ناحية عدم تناسب
عدد المساكن مع الزيادة المطردة في عدد السكان ، مع عدم
الإهتمام بمشكلة الإسكان في الريف وفي الأحياء الفقيرة
والصناعية المزدهرة بالسكان .

وبعد انتهاء الحرب العالمية الثانية حفز ارتفاع إيجارات
المساكن الجديدة رؤوس الأموال الخاصة للاتجاه إلى هذا
الوجه من الاستثمار ، فأقيم الكثير من المباني المعدة للسكن
بأموال الأفراد والشركات العقارية وكان للبنوك العقارية

الخاص وهذا الأخير لا مندوحة للغالبية العظمى فيه من الالتجاء إلى البنوك العقارية ، وهذه يجب بدورها أن تيسر لها وسائل التمويل وشروطه باعفاً من القيود التي فرضتها الظروف الاقتصادية على العمليات المصرفية العادية . إذ أن كل تيسير في هذا الصدد ينعكس بدوره على المقترضين وبالتالي يزيد من الإقبال على الاقتراض لإقامة المباني ومواجهة مشكلة الإسكان .

هذا وأن حجم مساهمة البنوك العقارية في قطاع الإسكان لا يتوقف على ما تقدم فحسب بل إن منافسة هيئات غير متخصصة في هذا المجال كشرركات التأمين أو هيئات التمويل والمعاشات لاستثمار فائض أموالها — يحد هو الآخر من قدر تلك المساهمة مع أن الأولى أن تنفرد البنوك العقارية بالإقراض طويل الأجل وأن تكون هي الوعاء الذي يتجمع فيه الفائض من أموال الجهات الأخرى فيتحقق بذلك استثمار مأمون لتلك الجهات بأقل النفقات مع كفالة خبرة ودراية في استثمار تلك الأموال من أجهزة متخصصة زاولت الإقراض طويل الأجل سنين طويلة .

وفي انفراد أحد هذه البنوك بجميع عمليات الإسكان ما يحقق المزيد من فوائد التخصص التي تعين على حل مشكلاتها . ولهذا أشار المجلس الأعلى للإسكان بقيام بنك للإسكان وأوصى بأن يعهد بمهامه لبنك الائتمان العقارى على اعتبار أنه بنك الدولة الذي ينفذ بنجاح وكفاية سياستها العقارية منذ سنة ١٩٣٣ حتى الآن وأنه يضطلع ، من بين البنوك العقارية ، بالنصيب الأوفى من النشاط في مختلف قطاعات الإسكان ومن المصلحة كفالة استمراره في تأدية تلك الخدمات وانفرادها بها عن طريق تيسير موارد التمويل له على أن يدخل فيها الاعتمادات التي تخصصها الدولة في الميزانية العامة للمؤسسات على ذمة المشروعات السكنية وأن تؤدي إليه القروض بفائدة بسيطة لا تتجاوز ٢٪ ليعيد إقراضها بفائدة لا تتجاوز ٣٪ بسيطة وبهذا يستطيع البنك تأدية الخدمة العامة الملحوظة في نشاطه الإسكاني دون مانع إلى تحقيق ربح ما دام يؤدي رسالته في قطاع الخدمات بما يحقق للمواطن السكن اللائق ويوفر له الراحة والاستقرار في حياته .

للإسكان وذلك على أساس تخصص هذا البنك في هذه العملية وتخصص أجهزته الفنية وتوفيراً للنفقات .

وبالرجوع إلى الخطة الخمسية الخاصة بالإسكان يتضح أن الدولة قد خصصت للإسكان الحضرى مبلغ ١٤٦ مليون جنيه بما فيه من الأراضي .

يخص الإسكان الاقتصادى ويتولى غالبية القطاع العام حوالى ٥٠ مليون جنيه .

ويخص الإسكان المتوسط ويشارك فيه القطاعان العام والخاص ٥٣ مليون جنيه .

ويخص الإسكان فوق المتوسط ويتولاه القطاع الخاص حوالى ٤٣ مليون جنيه .

وتمويل القطاع الخاص كان هو المجال الطبيعي لمساهمة البنوك العقارية ، إذ هي الجهة الوحيدة التي تستطيع أن تقوم بالإئتمان طويل الأجل بشروط ميسرة مع تحمل نتائج مخاطره .

ولقد اشتد الطلب على قروض البنوك العقارية فبلغ جملة ما منحته هذه البنوك من قروض في خلال الخمس سنوات الأخيرة مبلغ ١١٣٨٤١٩٣ جنيه .

والبنوك العقارية تعتمد في تمويلها على :

١ — أموالها الخاصة .

٢ — القروض التي تأخذها من البنك المركزى بضمان الحكومة وبفائدة تتراوح بين ٣٪ و ٣٪ .

٣ — ما تطرحه من السندات في السوق .

ولقد زادت القروض التعاونية من بنك الائتمان العقارى أثر ما كفل للجمعيات التعاونية لبناء المساكن من قروض تراوحت نسبتها بين ٦٠ و ٧٠٪ من التكلفة وبفائدة ٣٪ بسيطة .

وبالنسبة للقروض غير التعاونية فإنها تعثرت بعض الشيء خصوصاً بعد أن تدخلت الدولة أخيراً برفع سعر الفائدة الدائنة والمدينة لتحديد التدفقات المالية في السوق ولتنظيم حجم التمويل في القطاع الخاص — مع أن الإسكان يعتبر في واقع الأمر من الخدمات العامة بدليل ما أخذته الدولة على عاتقها من المساهمة فيه مساهمة تكاد تكون كاملة في الإسكان الاقتصادى وبالمشاركة فيه في الإسكان المتوسط مع القطاع

الإصلاح العمراني للقرية

وزارة الإسكان والمرافق

لذلك كان من الضروري عند اتخاذ أى خطوات إيجابية للإصلاح العمراني في الريف .

تحديد وسائل هذا الإصلاح على أساس :

* ملائمتها لطبيعة البيئة الريفية والفلاح والتطور الطبيعي للمجتمع الريفي .

* ملائمتها للتطور الاقتصادي والاجتماعي في الريف .

* مرونة الخطة بحيث يمكن تطويرها

* أن يكون التخطيط شاملاً لجميع عناصر الإصلاح بحيث يحدد الأهداف الحالية والمستقبلية مع تنسيق الخدمات المختلفة ووضع البرامج الزمنية للتنفيذ مع تحديد أولويات وأسبقيات لتنفيذ المشروعات الهامة .

كما يجب أن يكون متكاملًا من حيث تحديد المساحات اللازمة لمباني الخدمات والمساحات وإمكان الترويح والمسكن وارتباطها ببعضها البعض والصلة بين المسكن ومكان العمل سواء في المزرعة أو في المصنع القريب .

هذا بالإضافة إلى ضرورة مراعاة تكامل الخدمات بعضها مع البعض الآخر في القرى الكبيرة أو المدن المجاورة .

ويلزم أن تكون خطة الإصلاح من المرونة بحيث يمكن إدخال تعديلات عليها بما يتماشى مع مصلحة الجماعة ومناسبة الظروف التي دعت للتعديل .

ومن المسلم به أن مساهمة الأهالي في تنفيذ المشروع تعتبر من الأسباب الأساسية لنجاحه . كما أنه من المفيد أيضاً

من المعروف أن الحياة في القرية المصرية اتخذت كياناً ثابتاً بالرغم من تعاقب الأجيال ، فالمجتمع الريفي ظل زمنياً طويلاً محدود الإمكانيات مما أدى إلى اتصافه بالقدم والاستمرار والبطء في التطور .

فمن الناحية الاقتصادية نجد أن اعتماد المجتمع الريفي على الزراعة جعله يتصف بالبطء والاعتماد على الظروف الطبيعية كمصادر المياه والتغيرات الجوية على مدار السنة كما يعتمد على مواسم الحصاد وبيع المحصول في الحصول على احتياجاته ومن جهة أخرى نجد أن الأسرة الريفية تعطى عناية كاملة للجاموسة وغيرها من الحيوانات التي تعمل في الحقل أو الركوب وتعتبر هذه الحيوانات جزءاً هاماً من ثروة الفلاح الذي يخصص لها مكاناً لا يوانها بمسكنه (الحظيرة) وفي هذه الحظيرة تتم عملية استخراج السماد البلدي .

ومن الناحية الاجتماعية نجد الترابط والاندماج في الأسرة الريفية وكذا نظام الأسر الممتدة الذي يؤدي دوره فيما يتعلق في معاونة أفراد الأسرة بعضهم بعضاً في المناسبات المختلفة، أو في حالة الشيخوخة كما وأن الزواج المبكر في الريف يخلق نوعاً من الأسر الصغيرة التي تسكن في قسم من أقسام البيت الريفي وكان من العوامل التي أدت إلى الإكثار من النسل وزيادة نسبة المواليد بصفة عامة في الريف هو الرغبة في الاستغناء عن اليد العاملة المأجورة والاستعاضة عنها بمساهمة الأولاد في الأعمال الحقلية والمنزلية .

كما وأن الفلاح عادة شديد الحساسية قليل الاطمئنان والثقة بنفسه وبمن حوله .

بين تجمعات سكنية لأقل من ٥٠٠ نسمة إلى قرى كبيرة تضم أكثر من ٢٠٠٠٠ نسمة .

وبعمل دراسات تحليلية للتجمعات الريفية طبقاً للمستويات العددية أمكن تقسيم القرى إلى خمسة مستويات كالآتي :

ويتبع هذه القرى ويدخل في تعدادها تجمعات سكنية صغيرة تعرف بالعزب والكفور والنجوع ويبلغ عددها حوالي ٣٨٣٨١ متابعاً بمتوسط ٧ توابع لكل قرية ويمكن اعتبارها بالإضافة إلى القرى الصغيرة التي يقل عدد سكانها عن ١٠٠٠ نسمة من القرى التابعة التي تعتمد في خدماتها على القرى المتوسطة أو الكبيرة المجاورة خصوصاً وأن غالبية هذه التجمعات تقع على مسافات متقاربة من ١ إلى ٢ كيلو متر تقريباً .

أما القرى التي يزيد عدد سكانها عن ١٠٠٠ نسمة والتي تمثل حوالي ٥٪ فقط فلها وضعها الخاص ويمكن اعتبارها قرى متحضرة وأقرب في احتياجات سكانها المعيشية إلى المدن منها للقرية .

ولما كانت غالبية التجمعات السكنية الريفية تنحصر بين ٢٠٠٠ — ٥٠٠٠٠ نسمة إذ أنها تمثل حوالي ٤٤٪ من مجموع القرى لذلك فإنه من المستحسن من الناحية الاقتصادية تحديد هذا المستوى كأساس للبحث وبصفة خاصة بالنسبة للمدارس إذ أن تلاميذ هذه المدارس من سن ٦ — ١٢ سنة يكونون من ١٦٪ إلى ١٨٪ والخدمات الضرورية الواجب توافرها لهذا المستوى وغيره من المستويات العددية الأخرى يمكن تلخيصها فيما يلي :

١ — خدمات المرافق العامة وتحسين البيئة وتشمل توفير مياه الشرب ودورات المياه والمغاسل والحمامات العامة وردم البرك والتخلص من القمامة والعمل على تعميم الحظائر الجمعة ومخازن السماد العضوي والحيوانات وأماكن الذبيح والوحدات البيطرية .

٢ — خدمات صحية وتشمل مكاتب الصحة والمجموعات الصحية ونقط الإسعاف ومراكز رعاية العفلى .

الإعلان عن مشروع التخطيط والنماذج المختلفة للمساكن بين الأهالي في اجتماعات منتظمة يقوم بها الإخصائي الاجتماعي للتعرف على آراء الأهالي في المشروع حتى يشعر بأهمية الدور الإيجابي الذي سيقومون به لنجاح المشروع .

المعايير التخطيطية وضرورة وضع قواعد لتخطيطها :

أولاً — مبادئ الخدمات والمرافق العامة :

تختلف المعايير التخطيطية وتتنافى في الدول المختلفة تفاوتاً كبيراً لأنها توضع لتتنشى مع ظروف كل منها واحتياجات سكانها وبما يتماشى مع التقدم الاقتصادي والاجتماعي لهذه الدول .

وبالنسبة لأن طبيعة الريف المصري يختلف اختلافاً واضحاً عن مثيلاتها بالدول الأخرى من حيث اختلاف البيئة والظروف الاجتماعية والاقتصادية وتوافر الخدمات والمرافق واختلاف طرق الزراعة والمواصلات .

لذلك كان من الضروري إجراء بحث شامل لوضع المعايير التخطيطية للقرى المصرية .

وتمهيداً لذلك فإنه يتعين تقسيم القرى إلى مستويات من حيث العدد والنوع ثم دراسة نوع الخدمات والمرافق الواجب توافرها لكل من هذه المستويات .

ومن الدراسات الإحصائية لسكان الريف يتبين وجود اختلاف واضح بين التجمعات السكنية الريفية فهي تتراوح

عدد السكان	عدد القرى	النسبة المئوية
أقل من ١٠٠٠ نسمة	٣٦٥	٩.١٠٪
من ١٠٠٠ — ٢٠٠٠ نسمة	٧٨٣	١٩.٥٢٪
» ٢٠٠٠ — ٥٠٠٠ »	١٧٦٨	٤٤.٠٧٪
» ٥٠٠٠ — ١٠٠٠٠ »	٩٠٦	٢٢.٥٨٪
» أكثر من ١٠٠٠٠ »	١٨٩	٤.٧٣٪
الجملة	٤٠١١	١٠٠٪

القرى من ٥٠٠٠ — ١٠٠٠٠ نسمة :

بالنسبة لقرى المستوى من ٥٠٠٠ — ١٠٠٠٠ نسمة فإن حجم الخدمات يتسع عما هو مذكور بقرى المستوى السابق بما يتناسب مع الزيادة في عدد السكان كما يضاف إليها الخدمات الآتية :

خدمات المرافق العامة وتحسين البيئة — الوحدة البيطرية .

خدمات صحية — مجموعة صحية .

خدمات تعليمية — مدرسة إعدادية ومكتبة ومعرض .

خدمات اجتماعية — نادى ريفى ومساحة شعبية .

خدمات الأمن والمباني العامة وتشمل نقطة شرطة ودار المجلس القروى .

خدمات اقتصادية — جمعية استهلاكية وشونة وسوق عمومى .

القرى أكثر من ١٠٠٠٠ نسمة :

وتعتبر التجمعات السكنية لأكثر من ١٠٠٠٠ نسمة من القرى المتحضرة ويجب أن يكون لها وضعها الخاص بالنسبة لمنشآت الخدمات والمرافق . وتكون مشروعات المجارى العامة من المرافق الواجب توافرها ابتداء من هذا المستوى . وتكون المنشآت اللازم توافرها لهذا النوع من القرى هى نفس المنشآت السابق بيانها للقرى من ٥٠٠٠ — ١٠٠٠٠ نسمة مع التوسيع فيها بما يتلاءم مع زيادة السكان وما يتبعه من زيادة في حجم الخدمات المتاحة .

فإذا ما تحددت أنواع الخدمات والمرافق الواجب توافرها بالقرى المختلفة أمكن تحديد المساحات اللازمة لها عند عمل مشروع التخطيط .

ثانياً — المساكن :

تعتبر مساحة السكن الريفى إحدى العوامل الهامة في تحديد مساحة الامتداد العمرانى وقد تبين من الدراسات التى

٣ — خدمات اجتماعية — وتشمل دور العبادة والنواذى والمساحات الشعبية .

٤ — خدمات تعليمية وثقافية — وتشمل المدرسة الابتدائية والمدرسة الإعدادية والمعارض والمكتبات .

٥ — خدمات الأمن والمباني العامة — وتشمل نقطة الشرطة ونقط المطافى ودار المجلس القروى .

٦ — خدمات اقتصادية وتشمل السوق المحلى والجمعيات التعاونية الزراعية والاستهلاكية والشئون ومخازن المحاصيل .

الخدمات الواجب توافرها في جميع المستويات :

يجب توفير الخدمات والمرافق العامة وتحسين البيئة للتجمعات السكنية جميعها بصرف النظر عن تعدادها وكذا الخدمات التعليمية للرحلة الابتدائية عن أن تلتصق لكل مجموعة من السكان في مكان متوسط للتجمعات الصغيرة وعلى مسافات معقولة بحيث لا يرهق التلاميذ في رحلة الذهاب إلى المدرسة والعودة منها .

وكذلك الحالة بالنسبة للحيوانات وأماكن الذبيح .

القرى من ٢٠٠٠ — ٥٠٠٠ نسمة :

ابتداء من قرى المستوى ٢٠٠٠ — ٥٠٠٠ نسمة يضاف لخدمات المرافق العامة وتحسين البيئة الخدمات الآتية :

الخدمات الصحية المبسطة وهى مكتب الصحة الشامل والعيادة الخارجية ومركز الإسعاف .

الخدمات التعليمية وهى المدرسة الابتدائية التى يمكن أن تضم الخدمات الاجتماعية والتى تشمل نادى ريفى بسيط ومكتبة ومعرض للصناعات الريفية .

خدمات الأمن — نقطة إطفاء .

خدمات اقتصادية والأنواق المحلية والجمعية التعاونية الزراعية .

وقد روعي عند دراسة هذه النماذج وتحديد مسطحاتها إمكان التوسع الأفقي داخلياً والرأسي لمواجهة زيادة حجم العائلة سواء بزيادة عدد الأبناء أو لمواجهة نظام العائلات الممتدة في الريف وبقاء الأبناء في منزل الأسرة بعد زواجهم .

ثالثاً — الشوارع والمساحات الداخلية :

عند دراسة مشروعات تخطيط القرى روعي أن تكون عروض الشوارع والمساحات في مناطق الامتداد العمراني في أضيق الحدود كالآتي :

١ — الطرقات الداخلية للمناطق السكنية بعرض ستة أمتار .

٢ — الطرقات الداخلية بين المناطق السكنية بعرض ٨ أمتار .

٣ — الطرقات الرئيسية ومداخل القرية والمنطقة التجارية بعرض ١٠ - ١٢ متر ،

وقد تحددت هذه العروض على أساس السماح بوجود أبعاد مناسبة بين المساكن لحسن تهويتها وإضاءتها وإمكان نفاذ أشعة الشمس إلى الطرقات والمساكن كما وأن هذه العروض تسمح بمرور العربات الخاصة بالمطافئ والإسعاف وهي تعتبر عروضاً مناسبة لطبيعة البيئة الريفية .

وقد يكون من المناسب تقدير نسبة للشوارع والمناطق المفتوحة بمنطقة الامتداد بما يتراوح من ٢٥٪ إلى ٣٠٪

عملت لبعض القرى أن مسطح المسكن الريفي الحالي يختلف اختلافاً كبيراً تبعاً لعدد أفراد الأسر وتكوينها وظروفها الاقتصادية والاجتماعية . إذ تتراوح مساحة المسكن من ٥٠ - ١٥٠ متراً مربعاً وقد تصل في بعض الأحيان إلى ما يقرب من ١٠٠٠ متر مربع والنسبة الغالبة هي للمساكن التي بمسطح تتراوح مساحتها ٥٠ - ١٠٠ متر مربع .

ورغبة في عدم إقطاع أجزاء كبيرة من الأراضي الزراعية المحيطة بالقرية فقد روى العمل على تحديد مسطحات مناسبة للوحدات السكنية طبقاً لحجم العائلات واحتياجاتها .

وقد تبين أن توزيع الأسر حسب عدد أفرادها وفقاً لتعداد سنة ١٩٦٠ كالآتي :

عدد أفراد الأسرة	النسبة المئوية
١ - ٣	٣٣٪
٤ - ٦	٤٤٪
٧ فأكثر	٢٣٪

ونظراً لاعتبارات مختلفة منها إنتشار الوعي والاتجاه العام في تحديد النسل فإنه يمكن تحديد نسب المساكن اللازمة في منطقة الإمتداد العمراني الجديدة بالقرية كالآتي :

نوع المسكن	النسبة المئوية
مسكن صغير ٧ × ١٢ متر	٣٠٪
مسكن متوسط ٧ × ١٨ متر	٥٠٪
مسكن كبير ١٠ × ١٥ متر	٢٠٪

وعلى الأساس السابق ذكره أعدت نماذج للإسكان الريفي كما يلي :

نوع المسكن	حجم العائلة	المساحة الكلية	مساحة المبنى
مسكن صغير	١ - ٣ شخص	٨٤ م ^٢	٢٣٥ م ^٢ لغرفة واحدة والمنافع
مسكن متوسط	٤ - ٦ شخص	١٢٦ م ^٢	٢٤٨ م ^٢ لغرفتين والمنافع
مسكن كبير	٧ فأكثر شخص	١٥٠ م ^٢	٢٦٠ م ^٢ لثلاث غرف والمنافع

من المساحة الكلية لمنطقة الامتداد العمراني (النسبة الحالية للشوارع والطرق تتراوح بين ١٠٪ - ١٥٪ من المساحة الكلية للقرية الحالية) .

رابعاً - كثافة السكان :

دلت الدراسات التي عملت في قرى البياضية بمحافظة قنا على أن متوسط عدد العائلات في المسكن الواحد يتراوح بين ٢١ - ٣٠ عائلة وأن متوسط عدد العائلات في المسكن الواحد يتراوح بين ١ - ١٥ عائلة وفي إحدى قرى الوجه القبلي وجد أن عدد سكانها بدون التوابع ٣٧٠٠ نسمة وأن عدد العائلات ٨٥٠ عائلة بمعدل ٣١,٤ عائلة للفدان بالنسبة للسكنية الحالية وقدرها ٢٧ فداناً .

ولدراسة الكثافة السكانية المناسبة لهذه القرية كنموذج لقرية متوسطة فإن الأمر يقتضي تحديد حجم منطقة الامتداد العمراني اللازم لاستيعاب الزيادة المحتملة للسكان في مدى ٢٠ عاماً حسب معدلات مصالحة الإحصاء للزيادة المنتظرة والتي تقدر بحوالي ٢,٢٪ سنوياً . وعلى ذلك فإن عدد الأسر في هذه القرية سيزيد ٣٧٠ أسرة ليصبح مجموع عدد الأسر ١٢٢٠ أسرة بعد ٢٠ سنة .

فإذا أخذنا في الاعتبار المعدل الحالي للأسر في المسكن وهو ١٥ أسرة في المسكن لكان عدد المساكن المطلوبة لمواجهة الزيادة للسكان بمنطقة الامتداد هو ٢٤٠ مسكناً .

وبتوزيع المساكن على أساس نسبة تواجد العائلات وأصحابها في الريف وفقاً لما سبق ذكره تصبح المساكن اللازمة ومساحتها كالآتي :

٧٠ مسكناً صغيراً بمساحة	٢٠٠ ٦٠٠٠٠
١٢٠ مسكناً متوسطاً بمساحة	٢٠٠ ١٥٠٠٠
٥٠ مسكناً كبيراً بمساحة	٢٠٠ ٨٠٠٠

المساحة اللازمة لاستكمال الخدمات الموجودة بالقرية الحالية ومنطقة الامتداد

المذكورة (مدرسة - مسجد - محلات تجارية والساحات الشعبية الخ)

٢٠٠ ٢٢٠٠٠

الطرق والميادين بنسبة ٢٥٪

٢٠٠ ٩٠٠٠

المجموع

٢٠٠ ٦٠٠٠٠

أي أن مساحة منطقة الامتداد العمراني للقرية المذكورة تبلغ حوالي ١٥ فداناً لاستكمال مباني الخدمات في القرية الحالية والامتداد العمراني للقرية لمدة ٢٠ عاماً .

ولما كانت مساحة المساكن في منطقة الامتداد وما يخصها من منطقة الخدمات هي بنسبة ٨٠٪ أي حوالي ١٢ فداناً يكون معدل عدد المساكن في الفدان هو ٢٠ مسكناً ويكون عدد الأسر هو ٣٠ أسرة بمعدل ١٥٠ شخص في الفدان وفي حالة ازدياد الوعي وانتشار التصنيع وارتفاع المستوى الاقتصادي والثقافي عند الأهالي وتقبل فكرة المسكن المتعدد الطوابق (ثلاثة طوابق) تصبح الكثافة ٦٠ أسرة في الفدان أي ٣٠٠ شخص وعندئذ يمكن تخفيض مساحة منطقة الامتداد إلى ما يقرب من ثلثي المساحة السابق ذكرها أي ١٠ أفدنة .

تخطيط وإعادة تعمير القرية - التخطيط الإقليمي وعلاقته بتخطيط القرية :

من المعروف أن القرية تمثل مجتمعاً صغيراً يستقل عن غيره في بعض العناصر ولكنه يعتمد على القرى الكبيرة أو المدن المجاورة في عناصر أخرى . فقد نجد في القرية المتوسطة مثلاً المدرسة الابتدائية التي يتلقى فيها التلاميذ المرحلة الأولى من التعليم ولكننا لا نجد فيها المدرسة الإعدادية أو الثانوية . كما نجد في هذه القرية من الأسواق المحلية ما يفي باحتياجات السكان اليومية الأساسية ولكننا لا نجد السوق الأسبوعي إلا في القرى الكبيرة أو المدن وهكذا الحالة بالنسبة للخدمات الصحية والاجتماعية وغيرها .

لذلك كان من الضروري عند دراسة مشروع التخطيط العام لأي قرية أن تتعدى الدراسات نطاق القرية نفسها إلى دراسة الإقليم الذي تقع فيه .

٣ — دراسة السكان وتشمل :

دراسة توزيع السكان وكثافتهم وتحركاتهم .
دراسة التكوين العام للسكان تبعاً لفئات السن والجنس والحرف .

دراسة التوزيع المهنى للسكان .

وعلى ضوء الدراسات التحليلية المشار إليها يمكن تنسيق توزيع الخدمات العامة وشبكة الطرق الداخلية التي تخدم المركز كوحدة . وكذلك يمكن تحديد الكثافات السكانية اللازمة لخدمة المركز وتوزيعها بالقرى المختلفة سواء لأغراض الزراعة أو الصناعات الريفية أو المراكز الصناعية الكبيرة القائمة والمقرر إنشاؤها بأنحاء المركز — وعلى أساس ذلك يمكن تقسيم المركز إلى الوحدات التخطيطية توابعها على أن يؤخذ في الاعتبار علاقة الملاكيات الزراعية بالتجمعات السكنية التي يقيم بها أصحاب هذه الأراضي والعاملين بها

وبلى ذلك عملية تخطيط القرية ذاتها والرأى أن يبدأ بالقرى التي بها نشاط اقتصادى صناعى وتطور سريع ، ثم القرى الكبيرة والمتوسطة التي يوجد بها مجالس قروية ووحدات مجمعة .

والطريقة المتبعة بوزارة الإسكان والمرافق لتخطيط القرى هي كما ذكرنا في الفصل السابق يتم بإعداد المشروعات على مرحلتين :

تخطيط وتعمير منطقة الامتداد العمرانى .

تخطيط وتهذيب الكتلة السكنية الحالية .

تخطيط وتعمير منطقة الامتداد العمرانى :

تحدد منطقة الامتداد العمرانى على أساس الدراسات السكانية والاجتماعية والاقتصادية الشاملة . وعلى ضوء هذه الدراسات السابق ذكرها تحدد المساحة اللازم إضافتها لأرض القرية الحالية على أساس إتخاذ نسبة معقولة لكثافة السكان وعدد المساكن في الفدان الواحد (شكل رقم ٢٨)

فالتخطيط الإقليمي يرسم الصلة بين التخطيط القومى والتخطيط المحلى على مستوى المدينة أو القرية إذ أنه يحدد النظام الذى يربط التجمعات السكانية المختلفة في الإقليم ويعطى كل منها طابعه الخاص .

ويمكن تقسيم الجمهورية العربية المتحدة من حيث اختلاف المظاهر الطبيعية والبيئية والجوية والاجتماعية والاقتصادية إلى خمسة أقاليم جغرافية هي :

الدلتا — الصعيد — سيناء — الصحراء الشرقية —
الصحراء الغربية .

ويعتبر المركز الإدارى هو المستوى الأول للتخطيط الإقليمي الذى يلزم دراسته عند تخطيط القرى التابعة لهذا المركز وتحديد الوحدات التخطيطية الموجودة به وتشمل هذه الدراسات النواحي الآتية :

١ — الحالة الطبيعية وهى تتضمن :

الموقع العام بالنسبة للإقليم الجغرافى مع بيان حدوده والمناطق المحيطة به .

طبوغرافية المركز والظواهر الطبيعية فيه .

الحالة الجوية .

استعمال الأراضي بالمركز .

موارد مياه الري والصرف .

شبكات مياه الشرب والكهرباء بأنحاء المركز .

المواصلات سواء بالسكة الحديد أو الطرق البرية أو

الملاحة النهرية .

٢ — التقسيمات الإدارية وتشمل :

إيضاح الوحدات الإدارية والوحدات المالية .

توزيع التجمعات السكان .

توزيع مباني الخدمات العامة والمواقع المقترحة لها .

ويراعى بقدر الإمكان عند عمل التقسيمات الداخلية لمنطقة الامتداد العمرانى أن تتلاءم مع التكوين الاجتماعى لمجموعات الأسر بالريف .

تخطيط وتهذيب الكتلة السكنية الحالية :

لكي يتسنى تخطيط القرية الحالية وتهذيبها يلزم الاستعانة بخرائط توضح تفاصيل الكتلة السكنية بجميع الطرقات والساحات الموجودة بها .

ولما كانت الخرائط المتوفرة حالياً للقرى بمقياس ٢٥٠٠/١ غير موضح بها هذه البيانات ولا تظهر بها أى تفاصيل للكتلة السكنية الحالية . لذلك فقد اتجه الرأى إلى تجهيز خرائط للقرى بطريق التصوير الجوى للحصول على الخرائط المطلوبة للتخطيط بطريقة عملية وسريعة وبمقياس رقم ١٠٠٠/١ .

وعلى ضوء الدراسات الميزانية الشاملة وما تسفر عنه من نتائج يعمل التخطيط التوجيهى الشامل للقرية الحالية ومنطقة الامتداد العمرانى Mastor Plan ويراعى فى هذا التخطيط أن يكون مرناً وقابلاً للتعديل لمواجهة زيادة السكان ورغباتهم .

وعلى هذا الأساس يتم تعمير القرية على ثلاث مراحل

١ — تخطيط وتعمير جزء من منطقة الامتداد العمرانى .

٢ — تخطيط الكتلة السكنية القديمة وفتح الطرقات والفراغات اللازمة لخليلتها ونقل السكان الذين سترال مساكنهم إلى الجزء الذى تم تعميره بمنطقة الامتداد العمرانى .

٣ — تعمير الأجزاء الباقية من منطقة الامتداد العمرانى لمواجهة الزيادة فى عدد السكان وطبقاً لاحتياجاتهم .

المسكن الريفي :

المسكن الريفي قد تأثر بما تأثرت به القرية المصرية بصفة عامة من عوامل سياسية واقتصادية واجتماعية وكان لهذه

على أن يؤخذ فى الاعتبار المسطحات المطلوبة للمباني العامة ومباني الخدمات من تعليمية واجتماعية وصحية ودور الأمن والإسعاف والمطافى وغيرها ويكون تنفيذ المنطقة على مراحل طبقاً لاحتياجات الأهالى .

ولقد تبين من الدراسات التى أجريت فى هذا المجال كما سبق ذكره ما يلى :

أن المسطح اللازم للسكن الجديد يتراوح بين ٨٤ — ١٥٠ م^٢ .

أن العروض المناسبة للشوارع تتراوح بين ٦ — ١٢ متر .

أن الكثافة السكانية هى ١٥٠ شخص فى الفدان يمثلون ٣٠ عائلة .

والأسس المتبعة فى اختيار مناطق الامتداد العمرانى هى :

أن تكون بمناطق النمو الطبيعى للقرى بحيث يكون هناك ترابط بينهما وبين الكتلة السكنية الحالية .

أن يكون الموقع بعيداً عن الجبال وأماكن الذبيح والأسواق العامة والمنشآت المقلقة بالراحة والمضرة بالصحة العامة .

أن يراعى بقدر الإمكان ألا يكون هناك فاصل طبيعى بين منطقة الامتداد العمرانى وبين الكتلة السكنية الحالية للقرية مثل الطرفى العامة الرئيسية أو خطوط السكة الحديد أو الترع والمصارف الرئيسية .

الابتعاد عن الحدائق الثمرة أو الأراضي التى بها نخيل كثيف .

أن يكون الموقع صالحاً للتعمير من الناحية الإنشائية بعيداً عن البرك المردومة حديثاً أو مجارى السيول وأن يكون بمنسوب الطرق المجاورة ما أمكن .

أن يكون الموقع قريباً من خطوط مواسير المياه الصالحة للشرب وخطوط الإضاءة بالكهرباء ..

العوامل مجتمعة أكبر الأثر عليه فظهر بصورته الحالية التي سبق الإشارة إليها .

والمسكن الريفي يخدم الأسرة الريفية التي يمكن أن تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية :

١ — ملاك الأراضي :

(أ) صغار الملاك الذين يمتلكون من نصف فدان إلى خمسة أفدنة وهم الغالبية العظمى من الملاك ويمثلون ٩٣,٩٪ (حوالي ٢٤٤٧,٠٠٠ نسمة يمثلون حوالي نصف مليون أسرة) .

(ب) متوسطو الملاك : الذين يمتلكون من خمسة أفدنة إلى خمسين فداناً وهم يمثلون ٥,٦٪ من مجموع الملاك (١٤٧,٠٠٠ نسمة يمثلون حوالي ٣,٠٠٠ أسرة) .

(ح) كبار الملاك : وهذه فئة معظمهم لا يقيمون في القرية أو يملكون مسكناً كبيراً بها .

وقد تبين على ضوء الدراسات في الريف أن فئة متوسطي وكبار الملاك ليست طرفاً في مشكلة الإسكان الريفي .

٢ — فئة المستأجرين : الذين يستأجرون مساحات صغيرة من الأرض .

٣ — فئة العمال الزراعيين : وهم عمال الزراعة باليومية يمثلون الأغلبية العظمى حيث يبلغ عددهم ٧٠٪ من مجموع سكان الريف أي ما يقرب من عشرة ملايين نسمة تمثل ٢ مليون أسرة تقريباً ، وهؤلاء يشكلون الجزء الأكبر من مشكلة الإسكان في الريف .

وبدراسة الظروف المعيشية في كل أسرة من كل الأسر السابقة يمكن تحديد المسكن الملائم لكل منها على الوجه الآتي :

مساكن صغار الملاك والمستأجرين :

وأغلب هؤلاء يكونون أسرة كبيرة ويمتلكون ماشية وتنعصر حاجياتهم المنزلية فيما يأتي :

* غرف نوم بعدد يتناسب مع عدد أفرادها .

* مقعد — أن مندرية لاستقبال الزائرين .

* فرن — مكان للطبخ — حمام — مرحاض .

* حظيرة متسعة للمواشي .

* مخزن لاحتياجاتهم اليومية والموسمية .

* حوش بمساحة مناسبة للنشاط اليومي .

ولقد روعى في دراسة وعمل النماذج رقم ٢٩ ، ٣٠ ، ٣١ الأسس والعوامل المشار إليها .

مساكن العمال الزراعيين :

* غرف نوم بعدد يتناسب مع عدد أفرادها .

* فرن — مكان للطبخ — حمام — مرحاض .

* حوش بمساحة مناسبة للنشاط اليومي .

وذلك كما هو موضح في النماذج رقم ٣٢ ، ٣٣ .

علاقة المسكن المتعدد الطوابق بالتطور المنتظر في الريف :

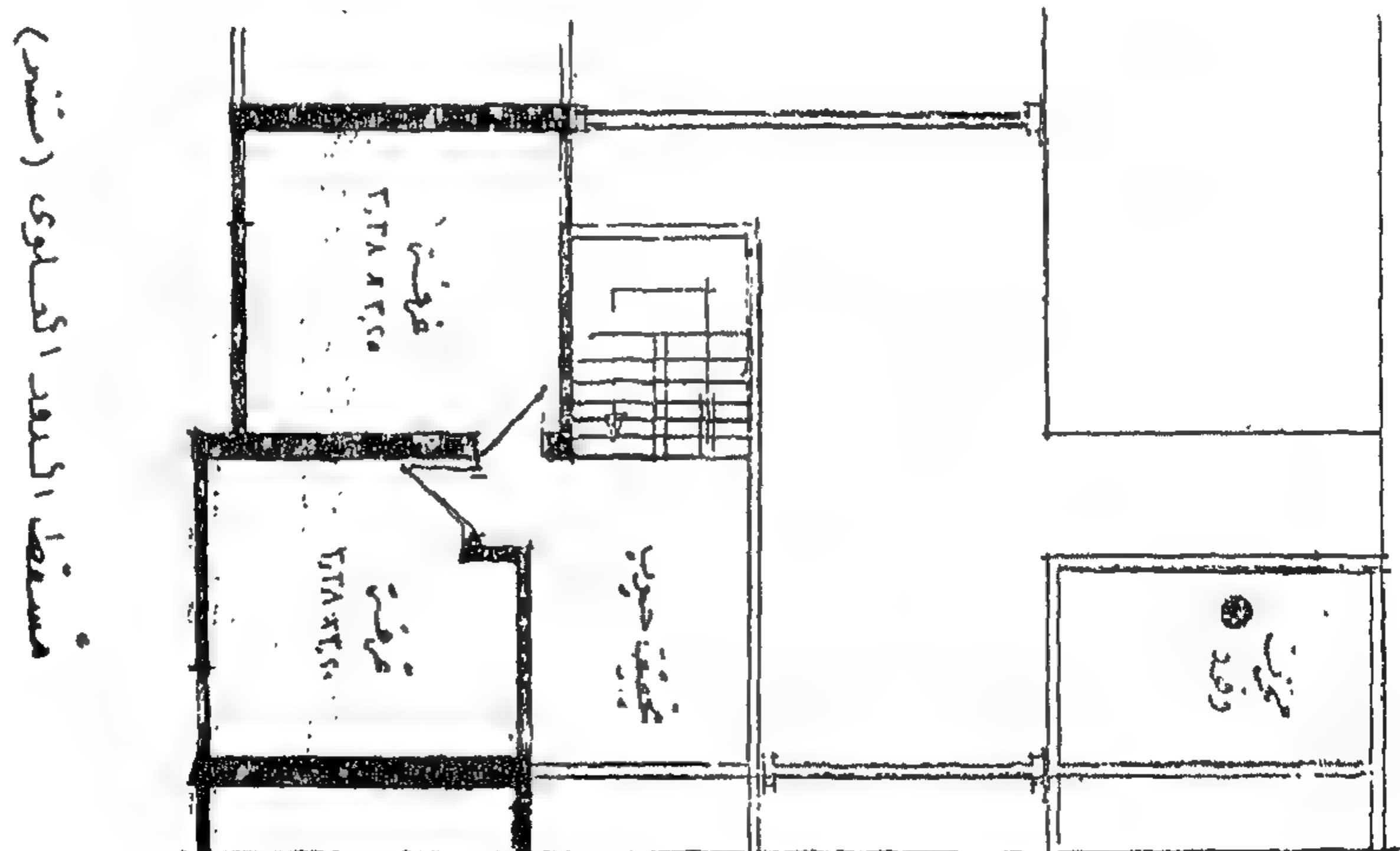
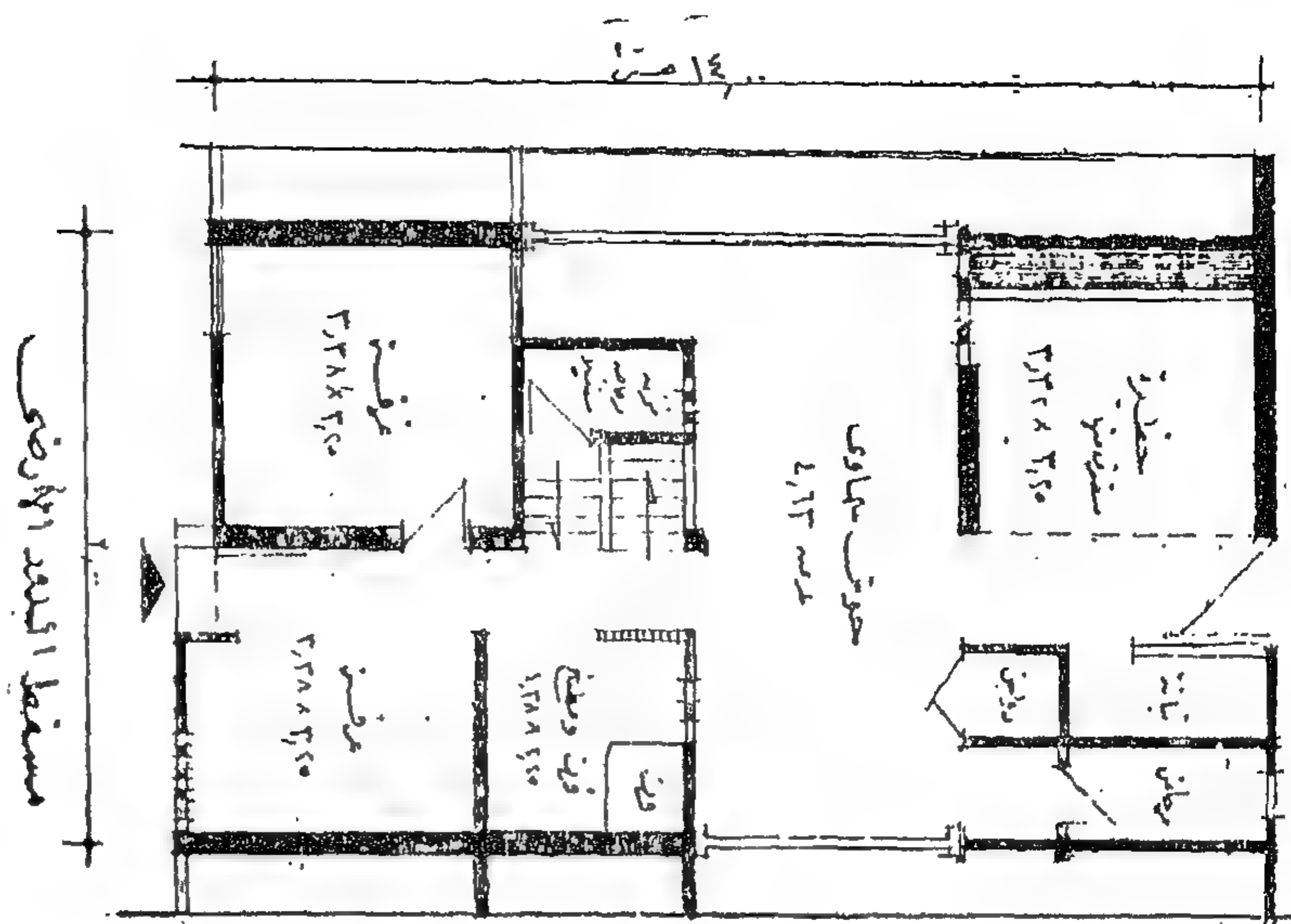
لما كانت الدولة في فجر نهضتها الصناعية في العهد الحاضر قد بدأت تعمل على توزيع الصناعات المتصلة بالزراعة على المناطق الريفية المختلفة وذلك لضيق الرقعة الزراعية ومواجهة الزيادة المضطردة في عدد السكان والحد من الهجرة إلى المدن سعياً وراء الرزق ، فإن ذلك سيؤدي إلى تغيير في شكل ووظيفة المجتمع الريفي طبقاً للآتي :

* تطور اجتماعي اقتصادي لنظام الحياة في تلك المناطق .

* تطور الأعمال المنزلية الزراعية كترية الحيوانات والطيور وصناعة الزبد والخبز حتى تصبح جماعية تعاونية صناعية .

* اشتراك المرأة مع الرجل في العمل في المصانع الريفية ولو لبعض الوقت للعمل على زيادة دخل الأسرة .

ونتيجة لذلك فإنه من المنتظر أن تتطور بعض المساكن



* التكاليف التقديرية ٤١٠ جنيه تقريباً . للدور الأرضي . يمكن الرجوع للإدارة العامة للإسكان لجميع التفاصيل
« محملاً عليها الصرف على الترتيب بطول ١٠م لكل ٦ مساكن/والسلم على الدور العلوي « ١٢٠ جنيه تقريباً للدور العلوي
(شكل ٢٩) مساكن صغار الملاك

وزارة الإسكان والمرافق الإدارة العامة للإسكان نماذج الإسكان الريفي

تمتدح مقدم من الإدارة العامة للإسكان
لوزارة الإسكان والمرافق

- * تتكون المجموعات من صفوف مزدوجة
- * يوجد حوش سماوي يفصل جزء الحظيرة عن الجزء السكني
- * إمكانية الإمتداد الرأسى
- * إمكانية استخدام شارع خلفي للدخول
- * الحظيرة وصرف الرخاض وفي حالة إلغاء الشارع الخلفى ينقل الرخاض ويمكن صرفه على الشارع
- * مكان إخدمات يمكن منه مراقبة المدخل والحظيرة

* وجود مساحات علوية لتجفيف الجيوب أما مخزن الوقود فوق منطقة المرحاض والبناءة وهو جزء مفصول من الجزء السكني

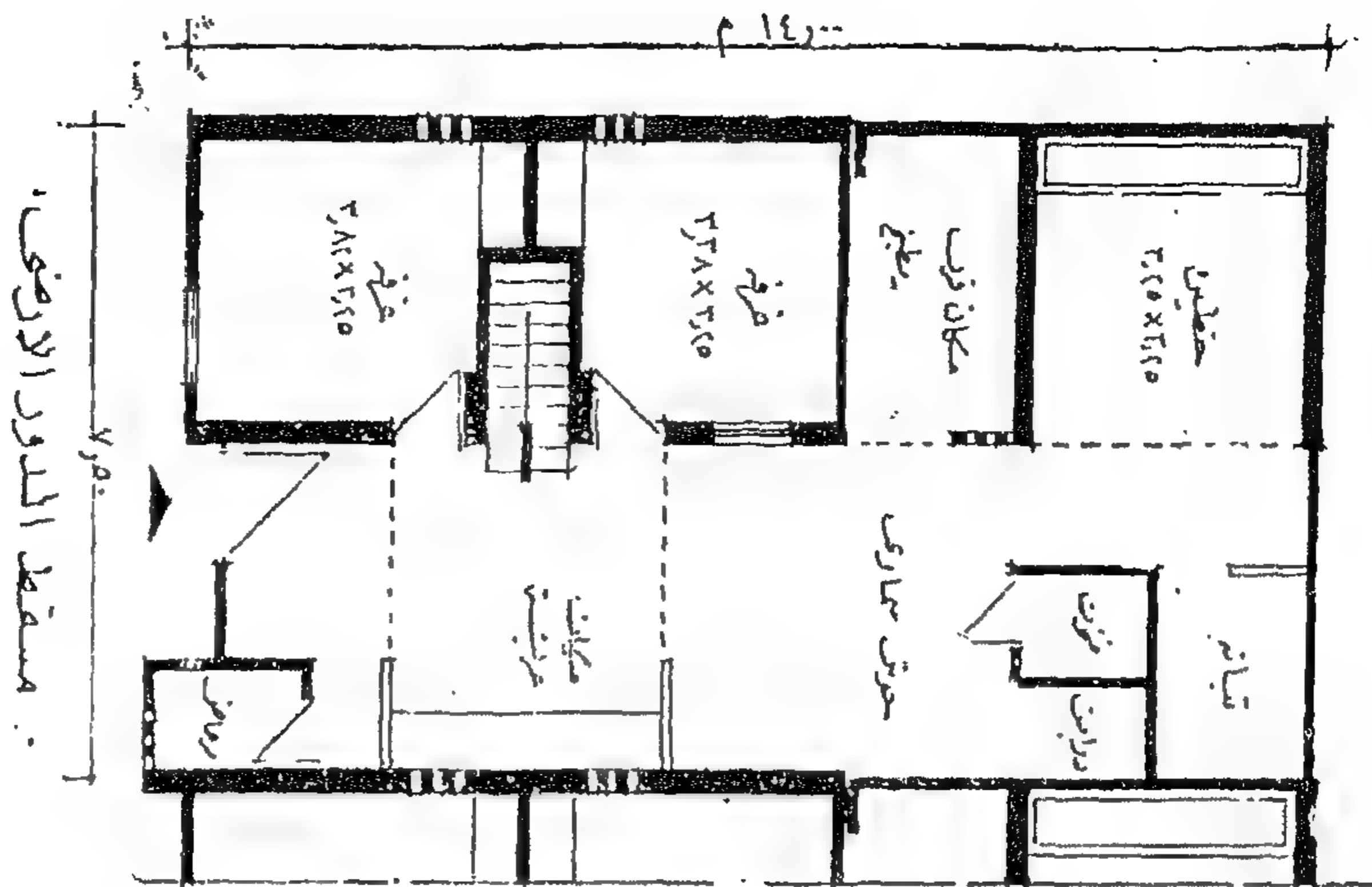
* الخطوط طوب أحمر والأسقف من الخرسانة المسلحة والأرضيات دكة خرسانية

وزارة التخطيط والمرافق

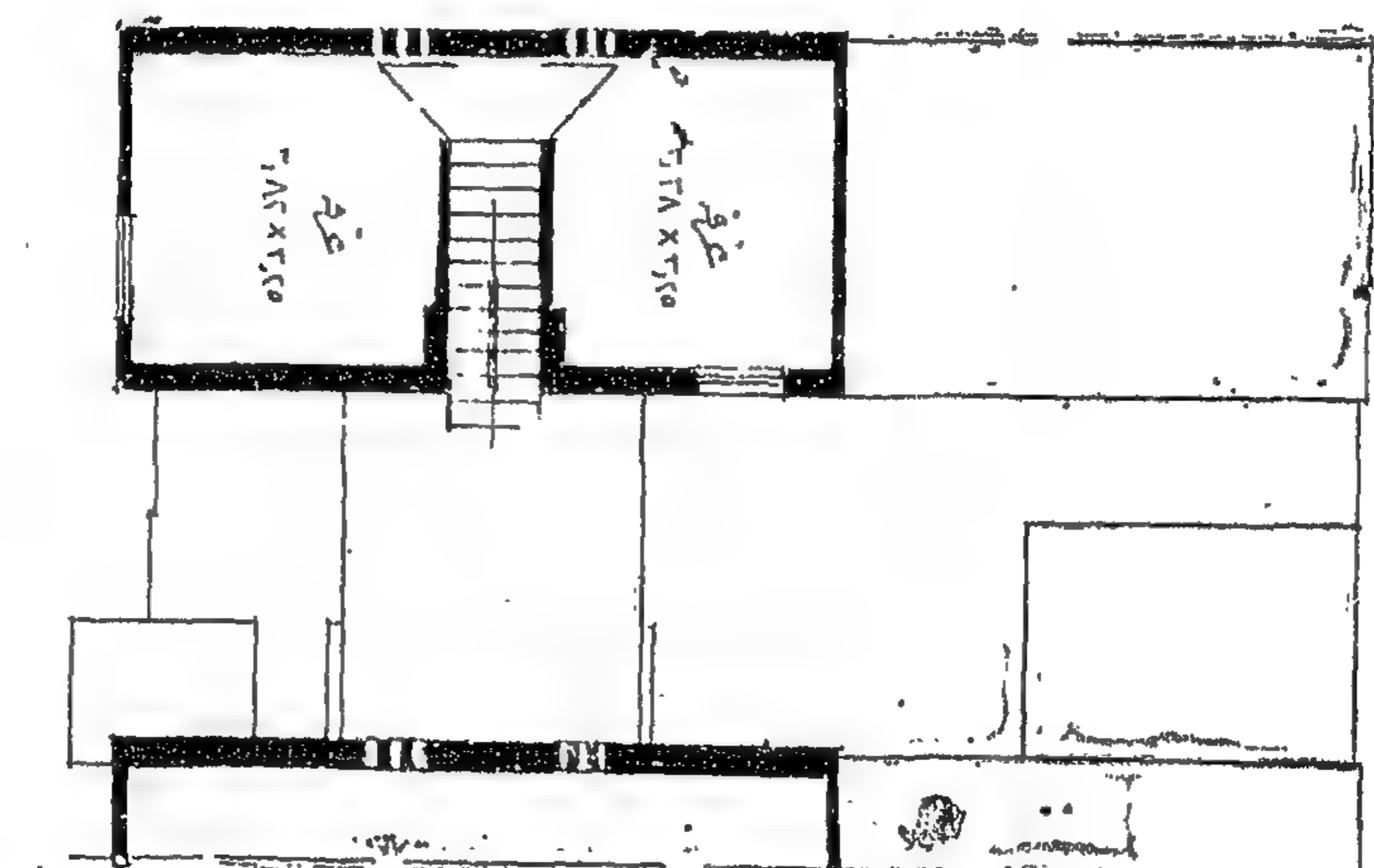
الإدارة العامة للإسكان

نموذج الإسكان الريفي

- * نموذج مقدم من الإدارة العامة للإسكان
- * تتكون المجموعات من صفوف مزدوجة
- * تتكون الوحدة من غرفتين في الدور الأرضي وخطيرة ومكان للغرف والمطبخ مع إمكانية الإمتداد الرأسى لغرفتين علويتين
- * روى إمكانية التهوية المستمرة بالغرف بوجود فتحات للتهوية في كل غرفة في الاتجاه المقابل للمدخل
- * وجود الخطيرة بالداخل يعطى الأمان النفسى للفلاح
- * مكان الفرن والمطبخ قريب من الحوش السهاوى حيث يمكن تخزين الوقود
- * روى إمكانية وجود تعريشة أمام الفرن للجولوس وللعيشة اليومية
- * المرحاض قريب من الشوارع لامكانية صرفه مستقبلا
- * السلم القترح إلى الدور العلوى يمكن تشييده على الحائطين



مسقط الدور العلوى (مستبعد)



- * الجوانب طوب أحمر والأسقف خرسانة مسلحة والأرضيات دكة خرسانية
- * التكليف التقديرية ٤٥٠ جنيه تقريباً . للدور الأرضى . يمكن الرجوع للإدارة العامة للإسكان لجميع التفاصيل
- « مجملاتها الصنف على الترش بطول ١٠م لكل ٦ مساكن/والسلم على الدور العلوى « ١٣٠ جنيه تقريباً . للدور العلوى (شكل رقم ٣٠) مساكن صغار الملاك

وزارة الوسطى والمراوى الادارة العامة للاسكان نماذج الاسكان الرفي

النموذج المقدم من مكتب المشروعات والتخطيط
محافظة المنيا

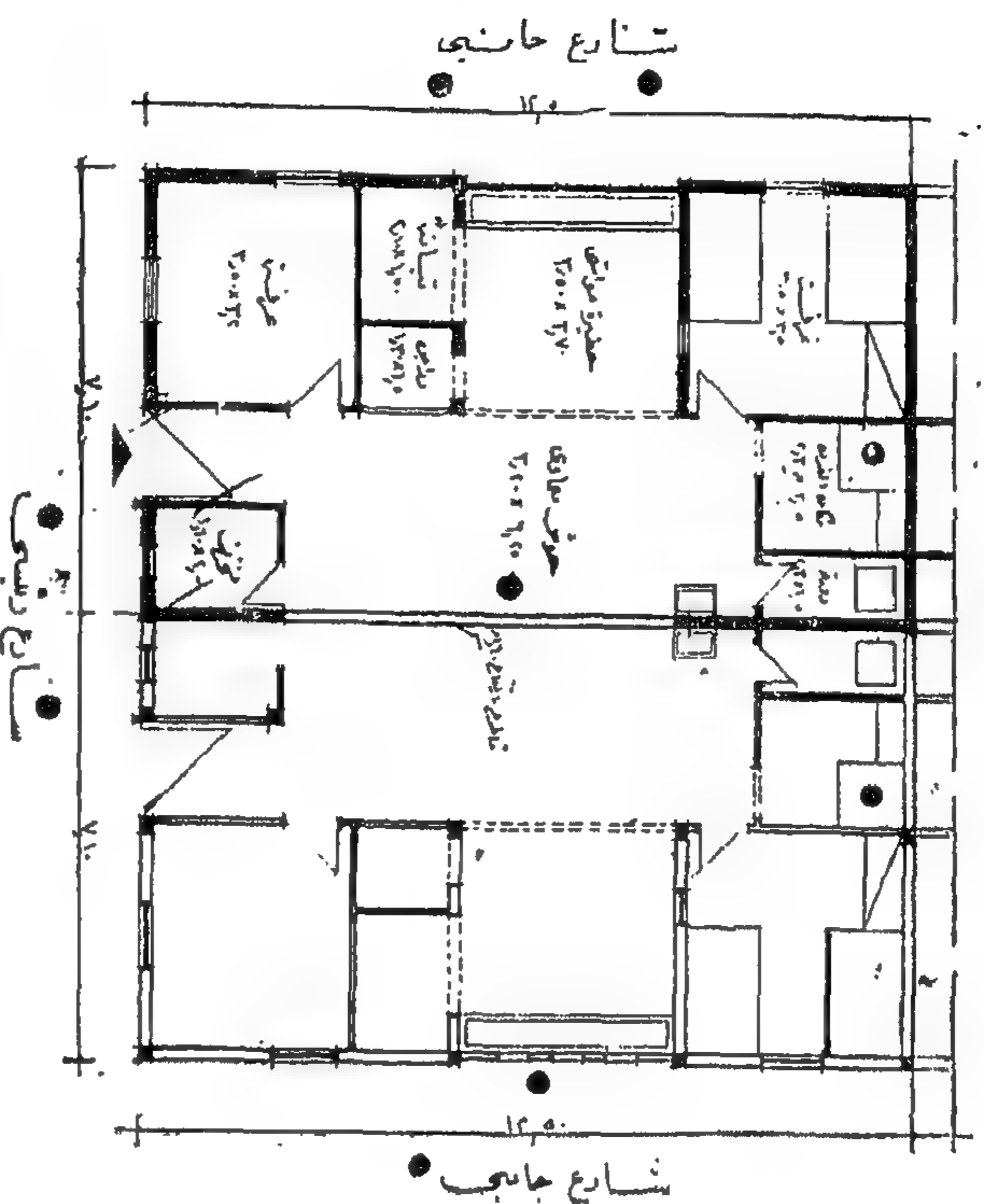
- * تتكون المجموعة من أربعة مساكن يحيط بها شوارع من الجهات الأربع مما يسبب ضياع مساحات من الأرض في الشوارع الجانبية
- * تلاصق الأحرار قلل من وجود الحوائط الحاملة المشتركة مما يزيد النفقات
- * الحاجز بين المساكن بارتفاع ١.٦٠ متر منخفض جداً ومما يستتبع ذلك زيادة ارتفاعه وهذا يلزم حسابه في الأساسات .

لا يسمح هذا النموذج بالامتداد الرأسى أو الأفقى

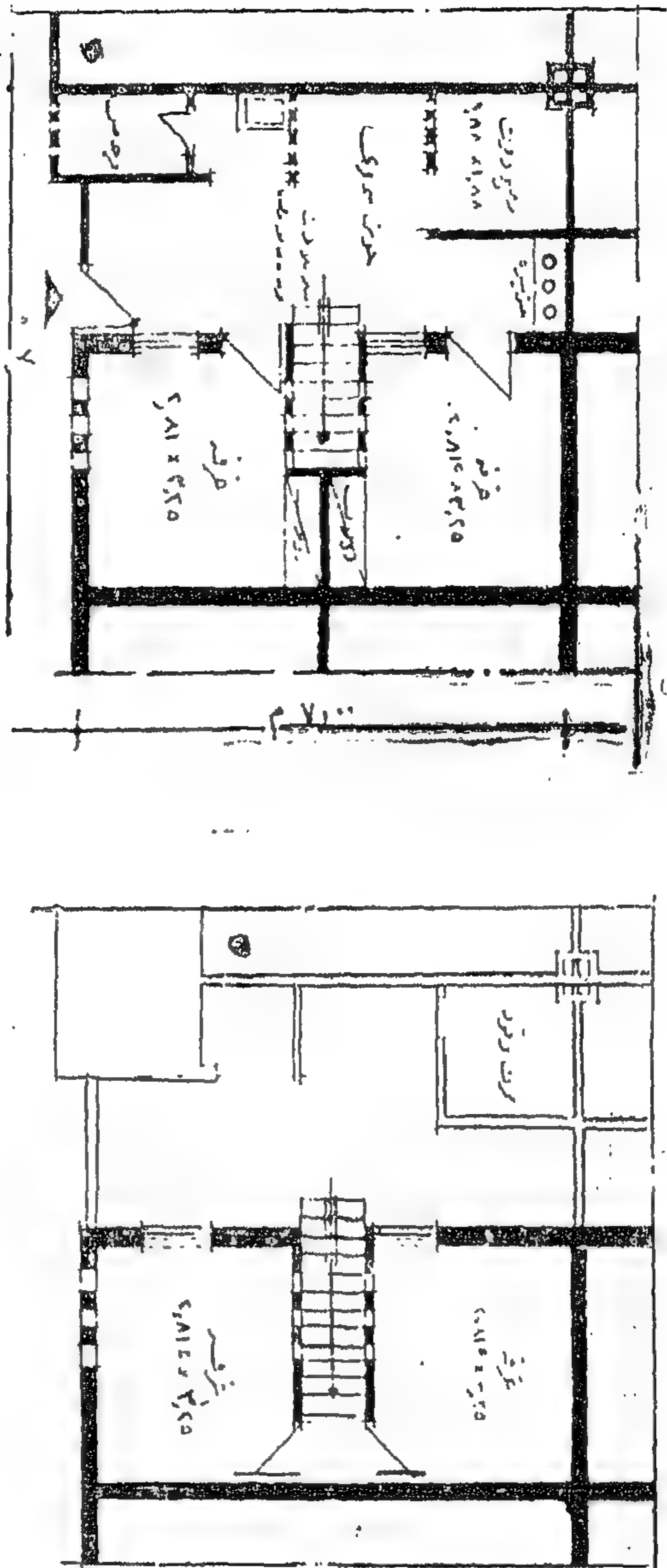
- * مكان الدوريات في المركز بالنسبة للمجموع يصعب مع عمل التوصلات الصحية لافتراض التحسين المنتظر بادخال المياه إلى المساكن مستقبلاً — كما أن عدم وجود فتحات بالدورات إلا الأبواب

يسبب سوء التهوية

وجود شبائك بالظيرة على الشارع يسبب عدم الحماية الكاملة للظيرة وهذا عدا أن الحائط الخارجى لها سمك ١٠ سم ¼ طوية



* الحوائط طوب أحمر بلدى ١٨ X ٩ X ٧ والأسقف خرسانة مسلحة والأرضية دكة خرسانية
التكاليف التقديرية طبقاً للأورده مكتب المشروعات بمحافظة المنيا ٣٣٠ جنيه . للدور الأرضى
(شكل رقم ٣١) مساكن المستأجرين



مسقط التوزيع الأرضي

مسقط أشدور بخمري

- * الجرايط طوب أحمر والأسقف خرسانة مسلحة والأرضية دكة خرسانية
- * الشكالات التقديرية ٢١٨ تقريباً: للدور الأرضي . يمكن الرجوع للإدارة العامة للإسكان لجميع التفصيلات
- * محملاً عليها الصرف على الترتش بطول ١٠م لكل ٦ مساكن/والسلم على الدور العلوي « ١٠٨ جنبه تقريباً . للدور العلوي

(شكل رقم ٣٢) مساكن العمال الزراعيين

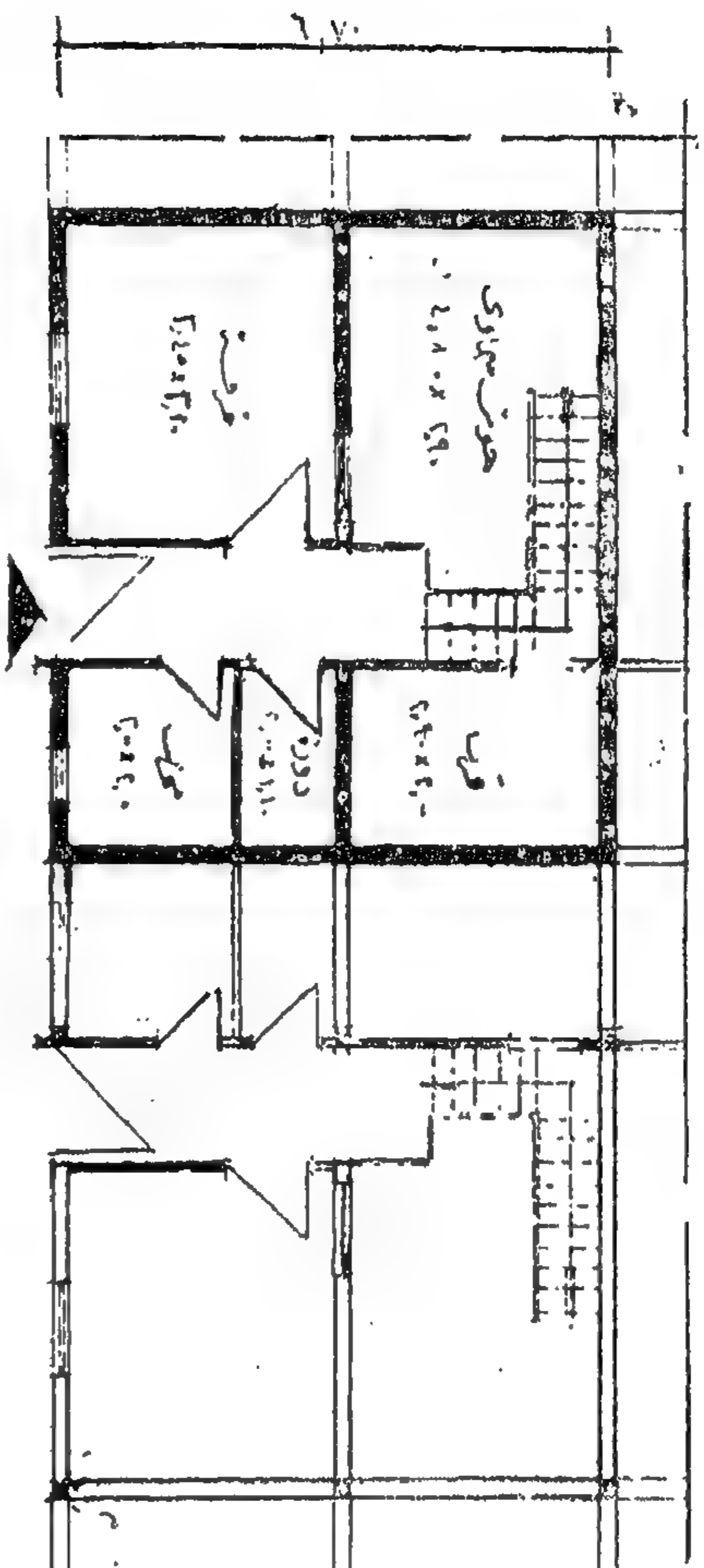
وزارة الوسطاء والمرافق

الإدارة العامة للإسكان

نماذج الإسكان الريفي

توضيح مقدم من الإدارة العامة للإسكان
بوزارة الإسكان والمرافق

- * تتكون المجموعات من صفوف مزدوجة
- * تتكون الوحدة من غرفتين بالدور الأرضي وحوش مساوي (بدون حظيرة)
- * المرحاض على الشارع لسهولة صرفه
- * وجود الجرايط المشتركة الخاصة بالقلال النفقات
- * إمكانية الامتداد الرأسى
- * استغلال الجزء العلوي فوق القنن لحزن وقود بعيداً عن الجزء السكني مع بناء دورة عالية والمخنة المرتفعة عن الدورة بمقدار ١٠٠ متر يعطى الأمان ضد الحريق
- * وجود السلم بين الحججرتين إعطى إمكانه استغلال جزء للدواب في الغرف السكنية



مسقط الأرضي
مسقط الشئذون العلوي
(استتبر)

الحوايط طوب أحمر بلدى ١٨ X ٩ X ٧ سم وأسقف مساحية والأرضية دكة خرسانية
التكاليف التقديرية طبقاً لما أورده مكتب المشروعات والتخطيط بمحافظة المنيا ٢٠٠ جنيه للدور الأرضي
شكل (رقم ٣٣) مساكن العمال الزراعيين

وزارة الإسكان والمرافق الإدارة العامة للإسكان نماذج الإسكان الريفي

- * نموذج مقدم من مكتب المشروعات والتخطيط بمحافظة المنيا
- * تتكون المجموعات من صفوف مزدوجة
- * تتكون الوحدة من غرفة واحدة ومخزن ومكان للفرن وحوش صماوى ودروة
- * بالحوش مكان لسلم يصل للامتداد الرأسى
- * الدورة ليس لها تروية مسوى الباب
- * وبعيدة عن الشارع كما يصعب معه عمل التوصلات الصحية ولافتراض إدخال المياه إلى المساكن مستقبلاً
- * مكان الفرن والمطبخ غير مناسب كما لا يسمح معه مرآقة المدخل

منذ فجر التاريخ ارتبط العمران بالمرافق فازدهر حيث
توافرت ونشأت جميع الحضارات القديمة في وديان الأنهار
حيث توافر الماء الذي لا غنى للحياة عنه — كما استخدم تيار

وبعد محاولات عديدة وتجارب كثيرة على نماذج للمراحض الفردية أمكن الوصول إلى نموذج سهل التنفيذ قليل التكاليف (مرحاض قليب) (شكل رقم ٣٥) .

٣ — الإنارة :

تعميم الإنارة في الريف يترتب عليها استتباب الأمن وتهيئة الوسائل لازدهار الصناعات الريفية مما يساعد على الحد من الهجرة إلى المدن .

وقد تم تركيب مجموعات كهربائية صغيرة في الوحدات الصحية والمجموعة وعددها ٢٠٠ مجموعة لإنارة طرق القرية الرئيسية ومعالجة المرافق العامة . وينتظر بعد تواجد شبكة كهربائية تمر خلال مدن القطر وقراه أن تتوافر القوى الكهربائية اللازمة لإنارة جميع مساكن القرية .

ويجب أن يراعى في تخطيط القرية اتساع طرقها واستقامتها بقدر الإمكان حتى يمكن إنارتها .

المساكن بالتوصيلات اللازمة ووسائل التصريف الصحي الملائمة التي يمكن أن تستوعب فائض المياه .

ومن المنتظر بعد إدخال المياه إلى المساكن أن يزيد استهلاك الفرد عن ٣٠ لتر في اليوم إلى ما يتراوح بين ٥٠ ، ١٠٠ لتر يومياً .

٢ — مشروعات الصرف الصحي :

لما كان للمسكن القروي كما سبق ذكره يحتوي على مرحاض ومكان للغسيل والاستحمام فإن ذلك يستتبع توفير مشروعات الصرف الصحي لكل مسكن أو لكل مجموعة من المساكن .

ومشروعات الصرف القروية تعتمد أساساً على التصريف المباشر في الطبقات السفلية من التربة سواء عن طريق الخنادق أو البيارات حيث لا يتيسر عمل مشروعات مجارى عامة للقرى الضخامة التكاليف .

الطاقة الشريفة ودورها

في حل مشكلات الإسكان الرفيعة

محمد أمين السيد
للمهندسين
أحمد حسن صاوي

مقدمة

لأبنائها ما حرمتهم منه العهود السابقة . فوضعت براهج من شأنها أن تمحو آثار الماضي السيئة وتدفع بالشعوب إلى الأمام في قفزات سريعة متتالية في جميع الميادين .

وإذا كنا قد قصرنا هذا الكلام على الدول الأفريقية فليس معنى ذلك أن غيرها من الدول لا تواجه نفس المشكلة ولكن ظروف هذه الدول وإمكانياتها تختلف عن ظروف تلك .

ولو أن هذا المؤتمر قاصر على بحث مشاكل الإسكان بالنسبة للدول الأفريقية والآسيوية إلا أنه من الصالح أن ندرس ونناقش الحلول التي توصلت إليها الدول الأخرى التي سمحت لها ظروفها وإمكانياتها بأن تسبقنا في هذا المضمار .

ولما كانت لكل دولة ظروف خاصة فإن الحلول التي توصلت إليها كل منها تختلف بالنسبة لنوع المشكلة إلا أنها جميعها تتفق في مبدأ عام . وهدف واحد هو توفير المسكن الصالح لأفراد الشعب على اختلاف مستوياتهم وظروفهم .

وعلى ذلك فإن أي حل يراه هذا المؤتمر يجب أن يكون متمشياً مع ظروف وإمكانيات كل دولة وقابلاً للتطور .

تواجه معظم الدول منذ انتهاء الحرب العالمية الثانية ، مشكلات متعددة وشقي . ومن أظهر هذه المشكلات ما يخص الإسكان سواء كان ذلك بسبب عدم ملائمة المساكن العالية ومسايرتها للتطور الاجتماعي والصحي الذي حدث في هذه الفترة الأخيرة .

وتعتبر الدول الأفريقية والآسيوية أكثر دول العالم معاناة من هذه المشكلة وذلك للأسباب الآتية :

— الزيادة المضطردة في عدد السكان في هذه البلاد بصورة لا تتناسب مع إمكانياتها ومواردها .

بقاء معظم هذه الدول تحت السيطرة الأجنبية لفترة طويلة وتهدف السياسة الاستعمارية دائماً إلى عدم إتاحة الفرصة للشعوب كي ترقى اجتماعياً أو ثقافياً أو صحياً .

— رزحت كثير من شعوب هذه الدول تحت أنظمة إقطاعية صارمة كان من أولى أعمالها أن يعاني الناس صنوف الذل والهوان :

وعندما تحررت البلاد وأصبحت حرة التصرف في حاضرها ومستقبلها وتولت أمورها حكومات منبثقة من بين جماهير الشعب حاولت هذه الحكومات أن تعوض

الشائعة في أى مشروع سكنى فإنه في الحقيقة غالباً ما يصحبه تعقيدات إضافية من نوع آخر . فبجانب المشاكل العادية الخاصة بالتنظيم الحكومى للمشروع والنقص في الأيدي الفنية والصعوبة في التصميم والتخطيط — توجد صعوبة نشر الوعي بين المجتمعات لتقبل مثل هذا المشروع ولكن بمجرد أن يستدل على حل لهذه المشكلة فإن عواطف الناس وعاداتهم وتقاليدهم هي التي ستحدد نجاح المشروع .

ثانياً — الدراسة التحليلية للسلطان الرأتى الموجه :

يجب أن يكون البرنامج قائماً على دراسة تحليلية واقعية للمجتمع بمختلف نواحيه الاجتماعية والاقتصادية والفنية ولكن هناك اعتقاد خاطئ بأن الخبرة في تطبيق الفكرة تكتسب بمضى الوقت وتكرار التجربة وحجتهم في ذلك أنه يجب أن يبدأ في إجراء فوري للقضاء على مشاكل الإسكان دون الانتظار لنتائج التحليل ولكن سرعان ما تنوء مطارد التعويل بالاجهاد ويدب الفشل وعدم الثقة في روح العاملين في المشروع من خبراء ومنتهجين نتيجة لعدم الدراسة التحليلية الواقعية في مبدأ الأمر والتحليل الجزئى أفضل من عدمه وبالرغم من أن الدراسة التي تعمل مقدماً تكون ذات نفع كبير على المشروع إلا أنه قد يتعذر في بعض الأحيان القيام بها . ففي بعض المناطق يصعب الحصول على المعلومات الضرورية ولكن الدراسة الجزئية في هذه الحالة خير من لا شيء فإنها يمكن أن تلقى ضوء على التقاليد والعادات والرغبات كما أن المعلومات الأولية لتعداد السكان ومتوسط الدخل ومصادر التمويل تحدد معالم المبدأ الذي يقتضى تطبيقه .

خطوات التحليل :

هناك خطوات أربع رئيسية يجب أن تؤخذ في الاعتبار حتى ولو اقتضى الأمر أن يكون التحليل الابتدائى على نطاق ضيق أو سريع .

١ — استعراض طبيعة وأهمية المشكلة بوجه عام .

ومن بين الحلول التي توصات إليها بعض الدول طريقة إقامة المباني على مبدأ الإسكان الذاتى الموجه .

ويعتمد نجاح هذا المبدأ على فكرة تعاون الحكومة مع المجتمع في حل إيجابى لمشكلة الإسكان ففي المجتمع تكمن طاقة بشرية هائلة ينقصها التنظيم ليتمكن استغلالها وتوجيهها للمساهمة في مجال الإنشاء وكذا كل ماهو مستطاع لتخفيف عبء الحكومة في علاج هذه المشكلة وإذا كان هذا المبدأ قد ثبت نجاحه في الدول الأوربية والأمريكية في جميع مستويات الإسكان . فإنه من الممكن أن يكون أكثر نجاحاً في الإسكان الريفى وفي معظم الدول الأفريقية والآسيوية على أن تعتبر الفكرة العامة هي أساس الحل مع تطوير التفاصيل وطريقة التطبيق بما يتلائم مع ظروف وإمكانيات كل منطقة أو إقليم .

وينقسم الحل إلى شطرين أحدهما يقع على عاتق الحكومة والثانى يطلب من الأهالى فإذا قام كل منهما بواجبه بطريقة سليمة واقتناع تام بالفكرة المقصودة ونظمت العملية بشطريها أمكن تحقيق الهدف بما يتفق مع الصالح العام .

الفصل الأول

أولاً — ما هو السلطان الذاتى الموجه :

يتضح من التسمية أنه طريقة استغلال أوقات الفراغ المتيسرة خصوصاً بين المزارعين وفي فترات كثيرة واستخدام هذا الفائض الهائل من الوقت في صورة جماعية عن طريق تشكيلات متعاونة فيما بينها وبإشراف الجهات الرسمية في إقامة مشروعات الإسكان الخاصة بالمجتمع .

كما أن هذه الفكرة يمكن أن تطبق بتنوع تكتيكي غير محدود يتدرج من إنتاج مسكن كامل حديث كما في السويد إلى مجرد تغيير الأسقف الغير صحيحة ولا ملائمة بأخرى من ألواح معدنية أو اسبستس مموج كما في بورما .

وبالرغم من أن هذا البرنامج يجنب كثيراً من المصاعب

والاحتياجات اللازمة وعرضها على أولى الأمر .

ونحن جميعاً نعرف أنه في أغلب الحالات التي تفرض حلولاً بعينها على الناس لا تأتي بنتيجة البتة حتى ولو كانت معقولة وعملية إلا أننا نعرف أيضاً أمثلة عديدة خصوصاً في حالات الطوارئ أنه عندما يطلب اليائسون من أن يجدوا مأوى — من الحكومة التعرف على مشاكلهم وتكريس موارد لها لتقابلهم في منتصف الطريق مهينة الحلول لتمكينهم بالتعاون معها لإقرار الرأي على برنامج تهجيرهم أو إسكانهم وهذه الحالة هي مثل صادق لبرنامج الإسكان الذاتى الموجه في أحسن صورة وأبسطها .

وبين هذين القطبين المتنافرين يبرز حل وسط يضم أحسن العناصر من كلا الرأيين السابقين ويتلخص هذا الرأي في أنه في إمكان الحكومة المسؤولة والهيئات أو التشكيلات الشعبية المتحمسة في القرى أو المجتمعات الريفية أن يتعاونوا معاً لتعرف مشاكلهم ويقوموا بمصادر ثروتهم ويعدوا برنامجاً للنشاط الإيجابي .

١ — تأجيل الرغبة في الإصلاح :

بعد ما يستقر الرأي على الحل الأساسى للإصلاح السكنى فإن تأجيل الرغبة في إصلاح المأوى بين السكتل التي تعاني من سوء السكنى يصبح ذو أهمية عظيمة وسوء الحظ نجده غالباً في غاية الصعوبة فجاءات الدخل المحدود لا تعاني فقط من سوء المأوى بل تعاني أيضاً من سوء التغذية ومن الجهل ولذا فإنهم لا يستطيعون تصور أن أحداً يريد مساعدتهم ليساعدوا أنفسهم بل إنهم عند محاولة إقناعهم بذلك يتساءلون عن الدافع من أجل هذا العمل وعما يتوقع الذين يقدمون المساعدة أن يكسبوه من ورائه وماذا يوجد في الجو من جديد لامتغالل الفقير .

وأكثر من ذلك فإننا دائماً نواجه بمقاومة التغيير والإصلاح . وفي بعض الأحيان لا يأبه الناس لاحتياجاتهم والحقيقية بالرغم من أنهم يشعرون بخيبة الأمل والمرارة . ويبدو أنه لا يوجد غير حل واحد وهو التعليم الاجتماعى

٢ — دراسة مصادر التمويل المتيسرة .

٣ — الاستدلال على طرق حل المشكلة .

٤ — التوصية بالبرنامج .

ثالثاً — كيف يمكن أن ننظم برنامج الإسكان الذاتى

الموحد :

سبق أن تكلمنا عن وقت الفراغ الغير مستغل للعائلات المنتفعة وقلنا إنها المورد العظيم المتيسر للنهوض بالإسكان في كثير من البلاد وكذلك أشرنا إلى أن الاحساس بأهمية المشروع وعواطف الناس وتقاليدهم وعاداتهم وعقائدهم المنعكسة على هيئة تعاون هي التي تقرر وضع النهوض بالإسكان .

هذه الحقائق جذرية وحل مشكلة ضمان التعاون بين المجتمع والحكومة إلى أقصى حد للاستفادة من وقت الفراغ هي أهم مشكلة تواجه في أى مشروع من هذا النوع .

وهناك مدرستان في طرفي تقيض تحددان مدى هذا التعاون بين المجتمع والحكومة وذلك التناقض إنما يوضح المدى الواسع والتنوع للطرق التي يمكن أن تختار لتطبيقها فالمدرسة الأولى تنادى بأن تكون مساعدة الحكومة في أضيق الحدود إذ أن مصادر دخلها محدودة ويجب أن توزع على خدمات متعددة . والحل العالى الوحيد في رأيهم هو أن نعد الناس لأن يكونوا البادئين بالنهوض بمساكلهم وبذا تقدم النوع العملى الوحيد للمساعدة في حدود إمكانيات الحكومة وغاية ما يعمل أن تكون هيئات تحت الناس على النهوض بمأواهم وربما توجه تفكيرهم كأن ترشد لهم للطرق والوسائل وهناك تقدير كبير لهذا الاتجاه فإنه ولا شك توجد مناطق عديدة كل ما هو ضرورى لها للنهوض بالإسكان هو هذا النوع من المساعدة .

أما جماعة المدرسة الأخرى فتعتقد أن الطريقة الوحيدة لعمل تقدم حقيقى في برنامج الإسكان الذاتى الموجه أن نبدأ بمتخصصين في هذا النوع من المشاريع ليخططوا الحلول

فإذا كان الناس لا يأبهون لاحتياجاتهم إذن فهناك سبل لتوعيتهم لهذه الحقيقة ولإعدادهم لفعالوا شيئاً لذلك والأهم من هذا مساعدتهم ليتحققوا أن هناك حل معقول متيسر أو يمكن تيسيره .

ويأخذ التعليم الاجتماعى أشكالاً عدة متدرجة من مجرد الإعلان بأن الدولة متأهبة للمساعدة بتخطيط عملى للنشاط الإيجابى إلى التعليم الجذرى لطبيعة الإنسان وتاريخه وحياته وطريقة عمله وعلى الأخص بالطريقة التى يمكن أن يصلح بها مأواه .

وبهنا تكون طبيعة المشكلة فإنه توجد حقيقة واحدة ظاهرة وهى أنه يجب أن يقتنع الناس بمثل هذا البرنامج . ومن هذا يظهر عنصر أساسى قبل أن يعلن البرنامج رسمياً يجب التأكيد أن القادة الشعبيين (الرؤساء — الأئمة — رجال الدين — العمدة — القادة السياسيين) والمؤثرين على الجماعات والذين سيساهمون فى تطوير البرنامج يجب أن يكونوا ملينين كلية أو على الأقل متفهمين للحقائق البيئية ومقتنعين بقيمة البرنامج — فإذا أخذت هذه الخطوة فى الاعتبار فإن القادة سيكونون فى حالة تسمح لهم بالتأثير على تفكير الجماهير وتصحيح الأحاديث المضللة والترجمة الخاطئة قبل أن تسكتسب بعض أنواع الاعتقاد خلال التكرار .

٢ — تنظيم المجتمعات للإسكان الذاتى الموجه :

بغض النظر عن يتعرف على الاحتياجات ، الحكومة أم الأهالى . فمجرد تقديم البرنامج الذى دعم بتأييد القادة الشعبيين فقد حان وقت التعاون الضرورى مع العائلات لوضع تخطيط مشترك للنشاط الإيجابى .

ويمكن أن نقسم هذه المرحلة من البرنامج إلى ثلاث أقسام رئيسية :

(أ) العرض للرأى العام .

(ب) عرض التنظيم مع بعض التفضيلات محلياً .

(ج) العرض التفصيلى للعائلات التى تعتقد بأن الحل

المقترح يعتبر عملياً وأبدت اهتماماً بالانتساب للمشروع .

والعرض للرأى العام يقوم خلال أجهزة الإعلام شامل الاذاعة والتلفزيون والصحف والكتب والكتيبات والنشرات والمحاضرات والمعارض والندوات .

وعرض التنظيم محلياً يأتى عن طريق استخدام كل الطرق الفنية والندوات الاجتماعية والمساعدات المادية والنشرات .

والعرض التفصيلى للعائلات التى تظهر اهتماماً بالانتساب غالباً يأتى عن طريق ندوات أو مقابلات شخصية والاتصال الشخصى المباشر فعال فى إعطاء فكرة صحيحة لرد الفعل الحقيقى وفى تصحيح الأفكار الخاطئة . على أنه من الواجب عند هذه المرحلة أن تكون تفاصيل التخطيط معدة للعرض وهنا يجب أن يكون كلا من البرنامج نفسه والطابع المعين للعائلة قد استكشف لدرجة كبيرة وتصل العائلة فى أثناء هذه المرحلة إلى قرارها فى تطبيق المشروع وفى نفس الوقت تختبر صلاحيتها للانتساب .

٣ — الطرق الجماعية والفردية للإنشاء :

يجب أن نناقش هنا عنصر آخر يخص انتساب الناس عند بناءهم مساكنهم وهو الكيفية أو الطريقة التى سيشغلون بها بمجرد اقتناعهم بأن مجمل المشروع معقول وعملى . وبما أن استخدام النشاط الجماعى لمشاريع الإسكان الذاتى الموجه قد بولغ فى تأكيدها فى التجارب الأخيرة إلى درجة أن الكثرة يعتقدون أنها الطريقة الوحيدة لبناء المساكن بواسطة الإسكان الذاتى الموجه — إن هذا النشاط الجماعى غالباً ما يكون طريقة فعالة لبناء المساكن الذين سيشغلونها وأحياناً تكون هى الطريقة الوحيدة ولكن الإصرار على هذا المبدأ ربما يؤدى إلى المخاطرة بالبرنامج بأكمله وربما ينتج عنها فى وقت ما فشل ذريع .

وتؤثر كثير من العوامل على الطريقة التى سيشغل بها الناس . وأهم تلك العوامل هى طبيعة القوم أنفسهم والطريقة التى يعملون بها فى حياتهم العادية ، ومثال ذلك أننا إذا فرضنا تطبيق برنامج الإسكان الذاتى الموجه فى منطقة يمارس

الناس ، وبذا تتجنب الحاجة إلى إشراف فنى دائم ، وهذا له أهمية كبيرة خاصة عندما تبنى المساكن فى مواقع منتشرة كما فى المزارع الخاصة وتبدو أقل أهمية عندما يشتغل السكك متجاورين كما فى القرى .

وبذا فقد أصبح من الواضح أنه لا توجد قواعد ثابتة لتطبيق نظام النشاط الجماعى أو الفردى ولكن الاختيار يجب أن يلائم الظروف المحيطة وأن يكون الأشخاص المعنيين بالأمر ملابن بالمزايا والأضرار لكل طريقة .

رابعاً — أسطال المساعدة :

نشأت الفكرة فى مبدأ الأمر على أساس إسكان ذاتى فقط بمعنى أن العائلات تقوم بمجهود جماعى فيما بينها لإنشاء مساكنهم ولكن وجد أنه باستخدام وسائل التوجيه والمساعدة أمكن للانسان أن يصلح مأواه إلى درجة كبيرة لا يمكنه أن يبلغها بغيرها ويأتى التوجيه والمساعدة عن طريق عدة مضادر تأخذ غالباً كل ما يتصور من أشكال متباينة .

ويشمل التوجيه عادة المساعدة فى المراحل المهمة لضمان العمل وفى تطوير بعض الحلول العملية التى تهم الغالبية العظمى من الناس — وفى وضع البرنامج بحيث يضمن القيام بالأهم أولاً وتخطيط المصادر المالية المتيسرة على المدى البعيد بحيث تستخدم أكبر عدد ، والمساعدة فى إصدار التشريعات إذا لزم الحال ليتم البرنامج .

وتأخذ المساعدة أشكالاً أخرى متباينة نذكر منها المساعدة الفنية فى التصميم واستعمال الخامات والمساعدة أثناء فترة الإنشاء والمساعدة المالية والإمداد بالعمال — غالباً ليس بأكثر من عمال فنيين للمساعدة فى المراحل الصعبة للإنشاء — وتمليك الأرض أو تهئية بعض الضمانات لتمليكها — والإدارة والإرشاد الاجتماعى للنهوض بالبرنامج كله ، ومن ناحية أخرى فمن بين وسائل التعاون التى ستساهم بها الأسرة مساعدة السلطات أثناء فترة تحليل مشكلة الإسكان والإمداد بالعمال غير المهرة فى العادة والمساهمة بالمصادر المالية ولو كانت ضئيلة وتقديم الأرض لإقامة المباني عليها والمواد البنائية وخصوصاً المحلية الأصل .

ففيها العمل عادة فى الحقول بواسطة جماعات متحركة من حقل لآخر — فإنه من المتوقع أن يكون النشاط الإنشائى الجماعى هو الأمثل فى هذه الحالة وكذا إذا تطلب الناس إشرافاً دائماً أثناء فترة الإنشاء وإلى هنا يأتى فى الصورة تحليل تقدمى . صادف العاملين فى هذا النوع من مشاريع الإسكان فى بعض المناطق يعمل أعضاء الجماعة بصورة أحسن إذا لم يعرف كل منهم — وحتى إتمام جميع المساكن أى مسكن سيكون له فى حين أنهم فى أحيان أخرى يمتنعون عن العمل مالم يحدد لكل منهم مقدماً مكان مسكنه الذى سيشتغله .

وتوجد تجارب رائدة كثيرة طبق فيها مبدأ النشاط الجماعى فى الإسكان الذاتى الموجه وأعطت نتيجة ناجحة كل النجاح كما فى بورتوريكو وسورينام وترينيداد .

ومن ناحية أخرى نجد أننا إذا فرضنا تطبيق البرنامج ذات كيان متفرق حيث لا يشتغل الناس عادة فى جماعات أو ربما لا يثق بعضهم ببعض فسيكون من العبث محاولة إقامة مجموعة للإسكان الذاتى الموجه بواسطة النشاط الجماعى ، وفى حالات كهذه — ويوجد كثير منها — تشتغل العائلة فى وحدة لتبنى مسكنها إلا أن ذلك لا يعنى إطلاقاً تجاهل النشاط الجماعى الغير رسمى وذلك عندما يساعد الأقارب والجيران بعضهم البعض فى إقامة المساكن ولسكنها فى هذه الحالة تترك المسئولية الكبرى على عاتق العائلة أكثر من تركها على عاتق التنظيم الجماعى .

وفى اليونان نجد مثلاً واضحاً لبرنامج الإسكان الذاتى الموجه الذى تركت فيه المسئولية كاملة على عاتق العائلة ، وذلك عندما أعادت ٧٠٠٠ عائلة بناء مساكنها التى دمرت أثناء الحرب العالمية الثانية والثورة التى أعقبتها ١٩٥٠ ، وقد طبقت السويد مبدأ الإسكان الذاتى الموجه من سنوات ووجدت أن التشكيل العائلى يعطى نتيجة مرضية حتى عندما تشييد المساكن فى صفوف متصلة .

وعندما يستقر الرأى على تطبيق مبدأ النشاط الفردى فإنه من الأمثل دائماً أن تختار المساكن البسيطة السهلة الإنشاء ويستعمل الخامات وطرق الإنشاء التى تعود عليها

١ - المساعدة الفنية :

لقد وجه العاملون في مشاريع الإسكان الذاتى الموجه أن النصيحة والمساعدة الفنية هى واحدة من الأدوات والفعالة الاصلاح والاستعمالات الجديدة للخامات القديمة وتطوير أو تقديم خامات جديدة هى كلها أمثلة للمساهمة الفنية للنهوض بالإسكان والاستفادة من الصناعات البنائية المحلية والمساعدة الفنية أثناء تقديمها من الوظائف المهمة في مشاريع الإسكان الذاتى الموجه كما في مشاريع الإسكان العادية .

والشئ الذى يحظى بالاهتمام في هذه الأيام هو تقديم ما كينة يدوية سهلة الاستعمال لتشكيل الطين ليكون إنتاجه أكثر دواماً واحتمالاً عن ذى قبل فالطين مادة موفورة في كثير من جهات الأرض ويعتبر مألوفاً وقد أدى تطويره شكلاً وخامة إلى جملة أكثر قبولا وقد أدى الابتكار الفنى الذى طبق في برنامج الإسكان الذاتى الموجه في السويد — إلى تصميم هياكل خشبية سابقة التجهيز للمنازل المتواضعة والذى يمكن تشييدها بسرعة وسهولة بواسطة العائلة التى ستقطنها بمعونة الأصدقاء والجيرة تحت إشراف أخصائى متمرن وتنتج عن هذه الهياكل منشأ قوى مكتمل بمعرفة العامة .

ورسم المهندسون في بورتوريكو مساكن من المسلحة تقاوم أعاصير الهاريكنين على أساس أن تشيد بواسطة جماعات من العمال غير المهرة وتحت إشراف خبير . ولذلك فإن الابتكار الفنى الموجه لإيجاد طرق ملائمة لبناء المساكن بمطالبات فنية خاصة قليلة — تجد دواعى عظيمة في مجال الإسكان الذاتى الموجه .

٢ - المساعدة المالية :

تظهر المشاكل المالية في كل مراحل الإسكان الذاتى الموجه وهى مستعصية الحل تماماً كما هى في أغلب البرامج العائلية . وعندما نحصر المصادر قبل تخطيط البرنامج يجب إجراء تقدير للمصادر المالية للبلد عامة وكذا للعائلات التى ستتسبب للبرنامج وهذه المصادر المالية بالإضافة إلى التكاليف التقديرية للامداد بأقل التسهيلات تعد دائماً من أوفق البرامج

في وقت من الأوقات . ومع التخطيط المالى العريض وبجزء منه تبرر مجموعة من الأسئلة وهى التى يجب أن تتخذ على أساسها القرارات الخاصة بتفاصيل الإعداد المالى . وهل هذه الأسئلة يمكن أن نحصرها في الآتى :

(أ) من هو الشخص الذى يختار لينتسب لبرنامج الإسكان الذاتى الموجه .

هل سيكون هناك اختبار لدى إكسكليات الفرد ؟ فمثلا هل يجب على المنتسب أن يكون من ذوى دخل ضئيل معين هل ستوضع حدود للنسبة بين دخل المنتسب وتكاليف المنزل أو الأقساط الشهرية ؟

هل يجب على المنتسب أن يكون ممن يعملون في المساهمة في النمو الاقتصادى على أى وجه من الأوجه ؟

(ب) من الذى سيقوم رأس المال ثمن الأرض — الخامات — المعدات — كيف نحصل على الأموال لهذه الأغراض ؟

(ح) هل سيرتبط الإرشاد الفنى بالقرض أم يبقى منفصلاً ؟ ومن سيتكفل بمصاريفه ؟

(د) من الذى يعد التكاليف الختامية ؟ الحكومة أم المالك أم آخرون ، أو بمعنى آخر هل سيكون هناك معونة وما مقدارها ؟ وهل تختلف التكاليف تبعاً لتقسيم ثمن الأرض على آجال قصيرة أو طويلة ؟

(هـ) كم تبلغ الدفعة المطلوبة من كل منتفع وما هو الحد الأدنى والأقصى لقيمة القرض ومدى الارتباط بين قيمته وتكاليف المبنى ؟

(و) كم يبلغ سعر الفائدة وهل تحصل من المنتفع ؟

(ز) ما هى آجال القرض ؟ وما كيفية استرداده ؟

(ح) هل تتباين الأقساط المدفوعة تبعاً للتغيير شغل المنتفع من سنة لأخرى ؟

من الذى يقوم بالتحصيل ومتى وأين يتم ذلك ؟

وفي السويد وضع مقياس للحد الأدنى والأعلى لدخل العائلات التي يمكن أن تنتسب للبرنامج . وفي الصين الوطنية نايوان أعطيت أولوية المساعدة للعائلات التي تساهم في النمو الإقتصادي وفي الفلبين حظى سكان الحرائب بالاعتبار الأول عند الاختيار .

سادسا — مصادر التمويل :

إن المشكلة التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً باختيار المنتسب هي مشكلة التمويل أو بمعنى آخر يقدم رأس المال المبدئي ، ومن يدفع المصاريف النهائية لاستخدام نتائج الإسكان الذاتي الموجه ؟

وجواب هذه الأمثلة يعتمد على ما إذا كانت الحكومة أو الجمعيات الخيرية أو الهيئات الصناعية هي التي ستتولى المشروع . ويعتمد كذلك على مقدرة الجهة المانحة للمشروع في أن تعتمد قليلاً أو كثيراً من رأس المال المبدئي ، ويعتمد أيضاً على ما إذا كان المخطط للمشروع راعياً في مساعدة المنتفعين وإذا كان كذلك فإلى أي مدى ؟

وتنوع أشكال التمويل ما بين التمويل بالأرض أو بالخامات أو بالعمال المهرة أو بالإشراف الفني وعموماً فإنه من واجب الحكومة أن تمد يد العون برأس المال المبدئي لتمويل مشاريع الإسكان الذاتي الموجه إلا أنه من الأوفق البحث دائماً عن مصادر أخرى مساعدة . ومن هذه المصادر الأخرى التي جربت الجمعيات التعاونية السكنية وهيئات التسليف العقاري واتحادات الفلاحين والأدوات المحلية . . الخ إلا أن معظمها غير مناسب إطلاقاً لتمويل الإسكان الذاتي الموجه .

وفي جاميكا يوجبوا على المنتسب لهذا المشروع تؤدي دفعات جزئية لثمن الخامات والخدمات الخاصة التي تقدم مبدئياً بمعرفة الحكومة . والاتجاه الفريد الذي طبق هناك هو تنظيم جماعات دراسة التوفير وهي تنتمي لهيئات التسليف . وتأتي الجماعة كل أسبوع للدراسة قبيل بدء التنفيذ الفعلي . ويبدأ التوفير المنتظم الدائم وتسدد الدفعات

(ط) ما هي الترتيبات التي تعمل لجمع الضرائب ؟ لدفع التأمين ضد الأخطار للمبنى مثل الحريق والعواصف — لمنع أو تغطية الضائع « أو الضرر للأموال » .

(ي) ما هو الجزاء الذي يفرض في حالة عدم السداد ، وهل يتنوع الضمان في حالة مرض المنتفع أو فقد دخله أو موته . الخ ؟

(ك) هل يجوز للمنتفع سحب أمواله بعد سداده للدفعة المقدمة ؟ هل يمكن إعادة المبلغ تبعاً لأسباب السحب ؟

(ل) ما هو الخطر على إعادة البيع ؟ أو نقل الملكية عن طريق المنتفع ؟

(م) ما هي الاحتياطات التي تعمل لحماية نفوذ الحكومة من الضغط السياسي الذي ربما يظهر في دور عمل القروض أو جمعها ؟

وبدون التوصل إلى إجابات كافية لهذه الأمثلة قبل البدء في المشروع ، فالنتيجة غير مؤكدة وربما يؤدي سوء الفهم إلى فشل البرنامج بأكمله .

خامسا — اختيار المنتسب :

إن طبيعة برنامج الإسكان الذاتي الموجه هي التي تحدد إلى مدى بعيد الشخص اللائق الانتساب ، فإذا كانت الحكومة هي التي تقوم بالمساعدة الأساسية فربما يختار الشخص الأحمق . ويقتصر الانتساب على أكثر العائلات حاجة . أما إذا كانت الحكومة تقدم الحد الأدنى للمساعدة الفنية فقط فلا يستدعي ذلك اختيار العائلات الأكثر حاجة .

وفي بورتوريكو اقتصر تطبيق الإسكان الذاتي الموجه في الريف على عمال الترحيل الذين استقروا في مواقع دائمة بمساعدة الحكومة وإرشادها وفي الولايات المتحدة الأمريكية وضع تصميم مسكن ريفي يمنع لأي فلاح بغض النظر عن حالته الاقتصادية وذلك بأجر إسمي أو بدونه . وفي بعض البلاد أقامت الهيئات الصناعية الخاصة مشاريع لإسكان عمالها

عندما يتضح أن ذلك عملياً ويجب أن تكون المعدات متيسرة للفرد بدون مقابل أو نظير مبلغ ضئيل أو أن تعد الترتيبات لإمكان تأجير العدد والآلات وتسليفها لهم .

وفي هذه الحالة يجب إعداد بعض الترتيبات لطريقة توزيعها واسترجاعها وتغطية أى مبالغ قد تستخدم في نقلها .

٣ - الخدمات الفنية :

يجب على الهيئة المتولية للمشروع أن تمد يد المساعدة بالفنيين ليوجهوا المتفعين أثناء فترة الإنشاء وعادة يكون ذلك بدون مقابل نظير مرتباتهم ومصاريفهم . وبخدمات قليل من الفنيين يمكننا أن نساعد كثيراً من العائلات في تخفيض تكاليف المسكن ونبين للفنيين أن الخدمات الموجودة يمكن استخدامها بطريقة أكثر اقتصاداً وملاءمة أو أن يقدموا خامات مستخدمة تدمج بمنشأ أفضل ومساحة تصميمية معقولة بنفس التكاليف أو بأقل منها في حالة ما إذا انعدم الإرشاد الفني .

٤ - العامل كشكل للمساعدة :

بالإضافة إلى التوجيه الفني أثناء فترة إنشاء المساكن فإنه من الضروري في بعض الأحيان أن تعطى مساعدة حقيقية على شكل عمال مهرة في المادة - لمعاونة وتأيد جهود الأهالي .

ومن المعروف أن الأفراد الذين ينتسبون لمشاريع الإسكان الذاتى الموجه تكون مقدرتهم في الإنشاء عادة محدودة . ولذا فإنه من الضروري مد يد العون بالمساعدة الفنية خصوصاً إذا كانت تقاليد الإنشاء المحلية ينتج عنها تعقيدات إنشائية أو عند تقديم خامات غير مألوفة أو طريقة إنشائية جديدة .

والفشل في تعرف هذه الحقيقة وعمل الترتيبات الضرورية ليكون الحصول على العمال الفنيين متيسر عند الحاجة بسبب تأخيراً خطيراً وأسوأ من ذلك إذا ترك هذا المبدأ أو صرف النظر عنه في عملية على نطاق واسع فالنتيجة هى نقص خطير

التي قدستها الحكومة من حصيلاته . وعضوية هيئات التوفير مفتوحة فقط للمنتسبين لمشاريع الإسكان . وفي مبدأ الأمر تقرر الجماعة ميعاد ومكان الاجتماعات وقيمة « وحدة التوفير » ويدلى كل عضو بمقدار الوحدات التي يمكن أن يقتصدها أسبوعياً . ولا يدخر أحد بأقل من وحدة واحدة أسبوعياً والوحدة مبلغ ضئيل بحيث يمكن للعضو أن يضعه جانباً وبدون أن يسبب له ارتباكاً مالياً . وتقدم عادة التوفير بين المنتفعين يظهر جلياً في عدد الوحدات المقتصدة لكل فرد .

ويمكن لزيادة ضرائب الدخل في بعض الأحيان طاقة ضخمة أكثر من رأس المال الخاص لتمويل مشاريع الإسكان الذاتى الموجه .

ومبدأ رفع ضرائب الدخل المحلى والتي يمكن أن تدفع نقداً أو بالخدمات أو بساعات عمل إضافة لها تطبيق واسع الانتشار .

هذا وهناك مصدر آخر من مصادر تمويل مشاريع الإسكان عن طريق المعونات الخارجية سواء بمعرفة هيئة الأمم المتحدة أو المنظمات الدولية الأخرى لعلاج مشاكل الإسكان في العالم .

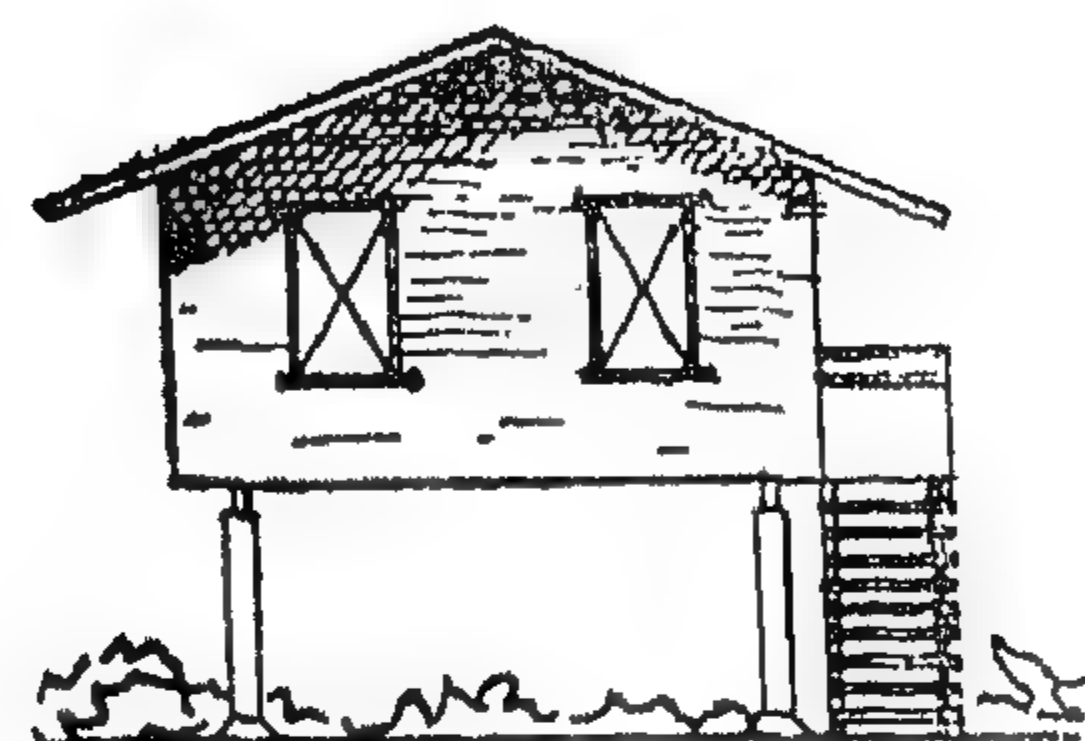
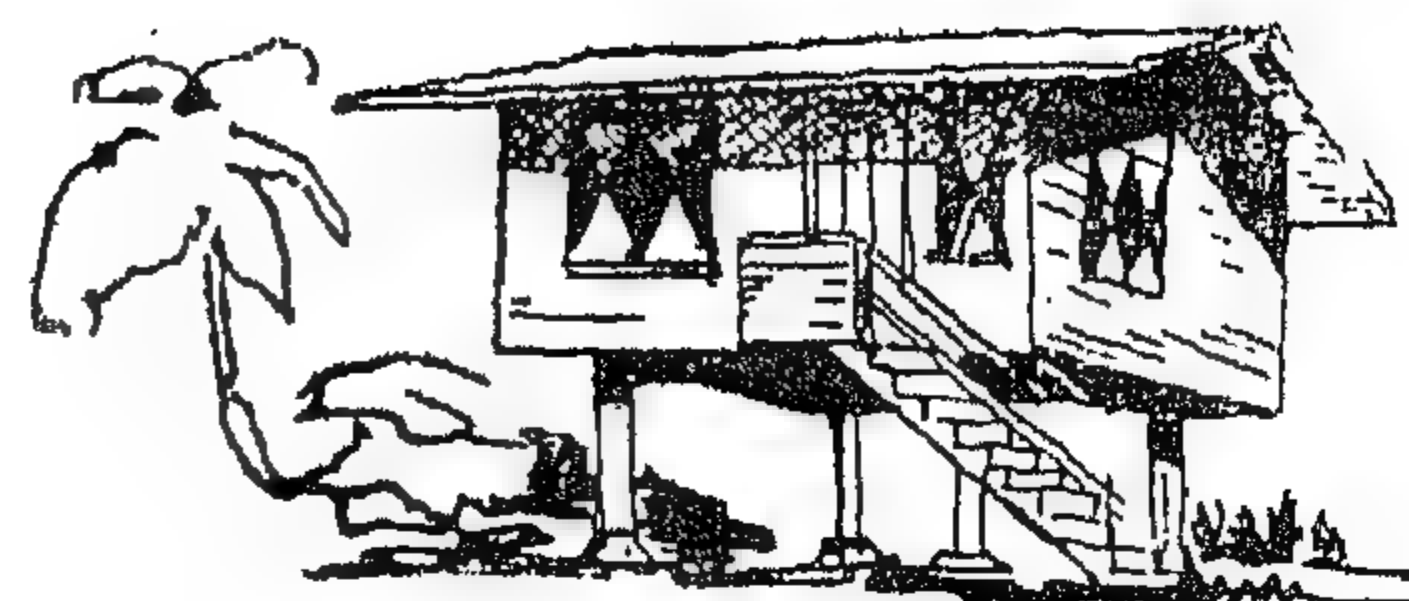
١ - الأرض :

تختلف مشكلة الأرض في الريف عنها في المدينة وكذلك في حالة المزارع المتفرقة عنها في القرى الجمعة وفي الضواحي عنها في قلب المدينة ، وفي حالة البلاد ذات الصبغة الفردية في امتلاك الأراضي عنها في البلاد الاشتراكية التي يمتلك الأرض فيها عدد كبير من الناس ولكن الصبغة المشتركة فيها جميعها أنه لإنجاح برامج الإسكان الذاتى الموجه يقتضى أن يتوفر للمنتفع ضمان ملكية الأرض .

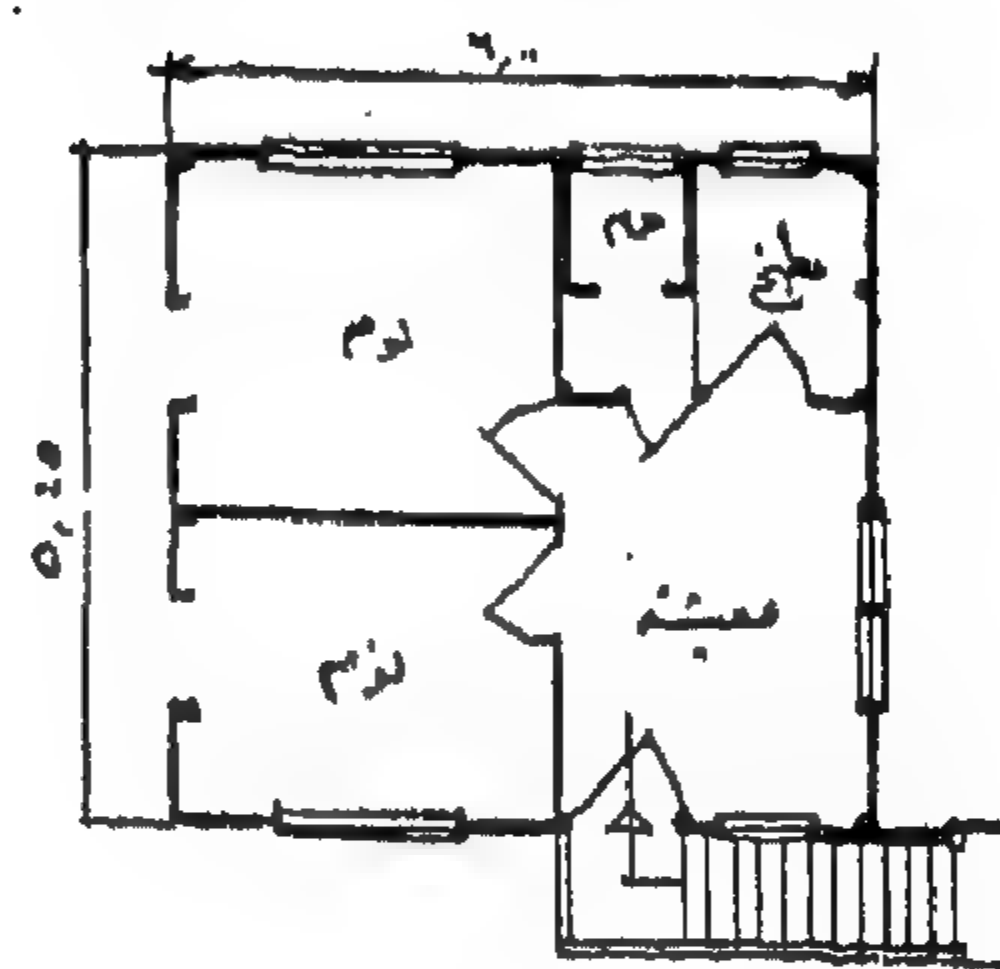
٢ - الخامات والمعدات :

يجب على الجهة المنوطة بالمشروع أن تقدم للمنتسبين معظم الخامات أو أن تمد الأموال اللازمة للشراء بالجملة -

سورنيا

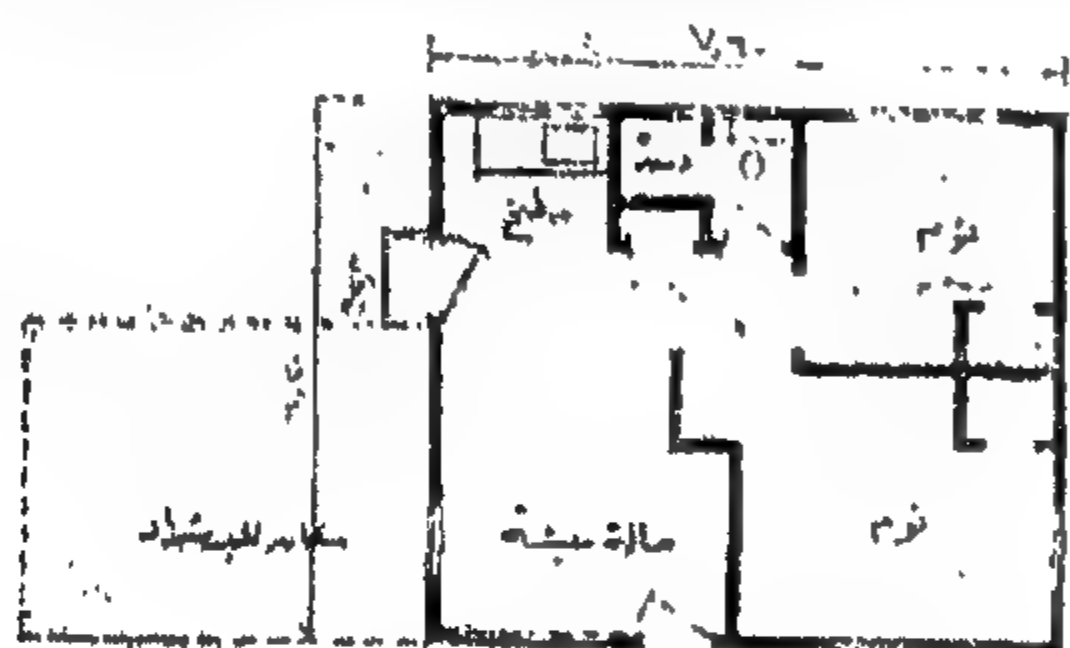
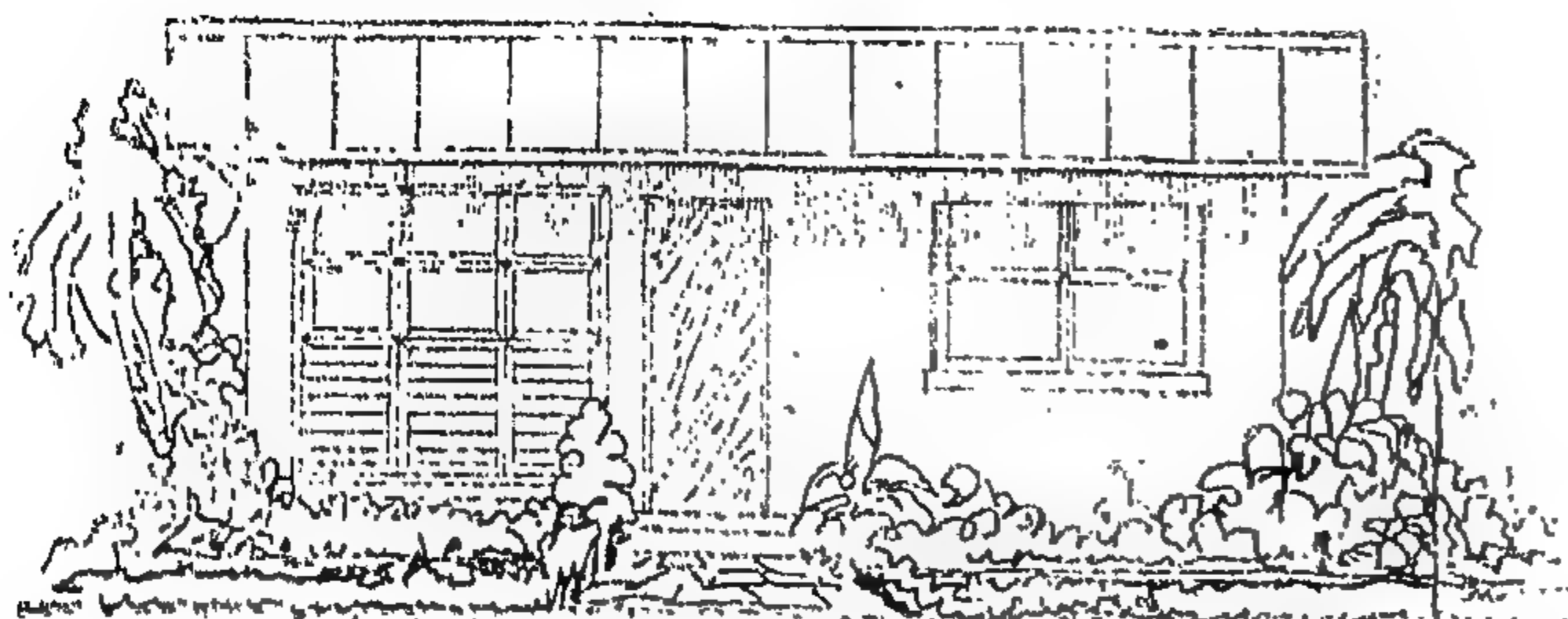


واجهة خارجية



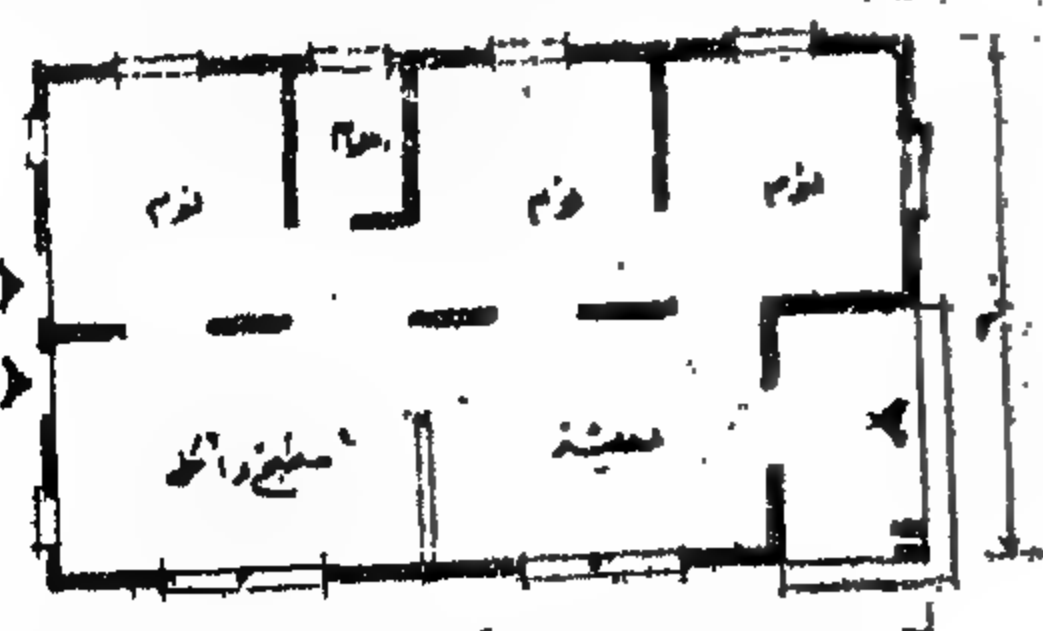
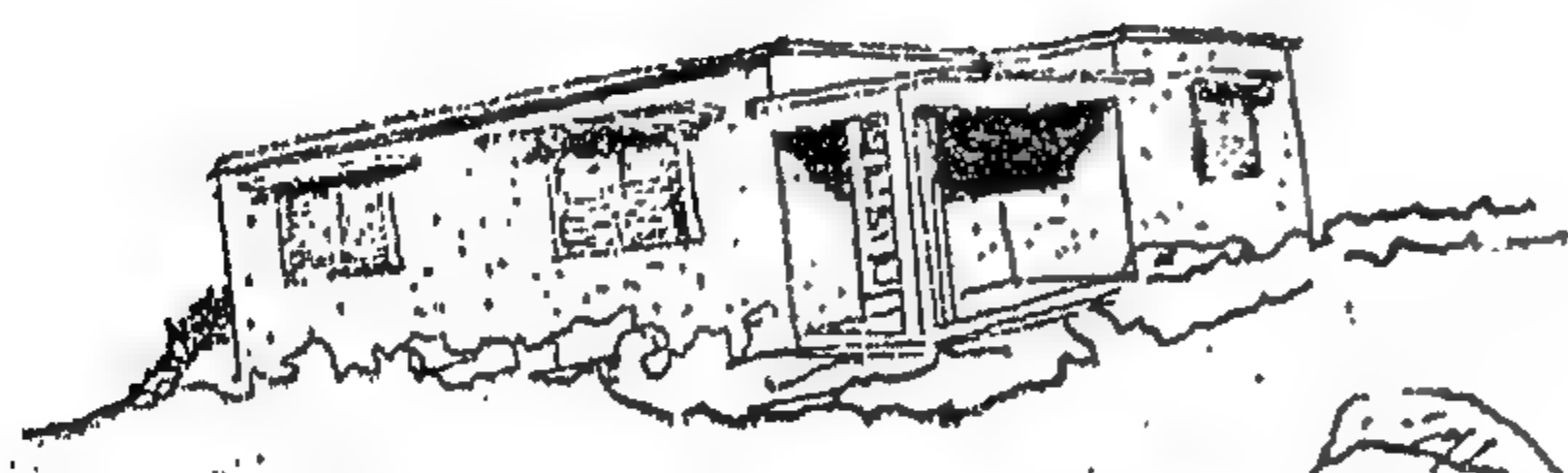
مخطط أفقي

غيسانا



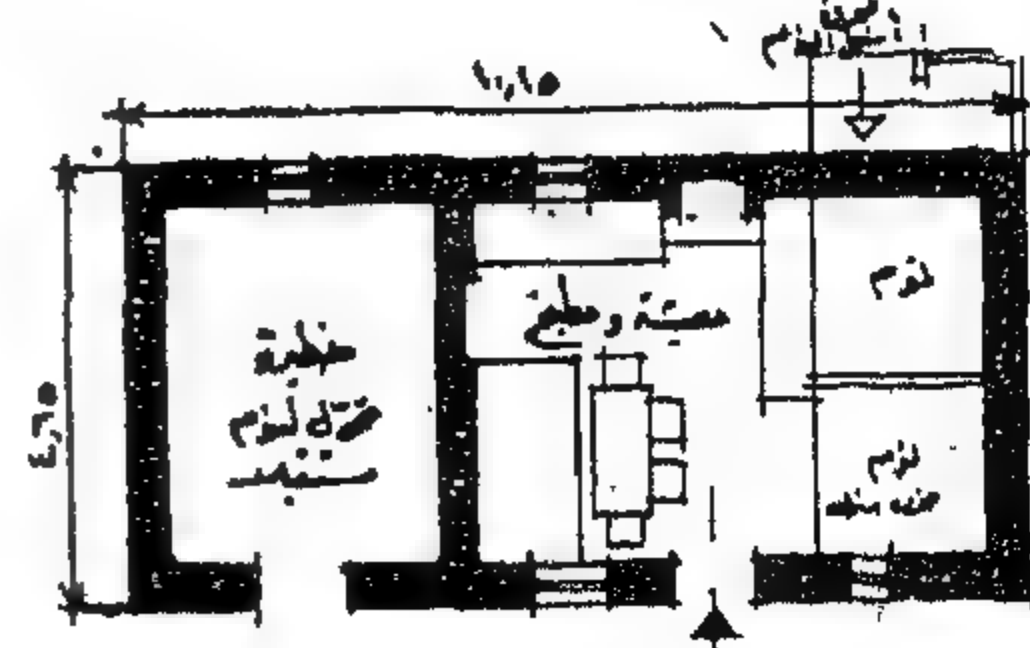
مخطط أفقي

هندراس



مخطط أفقي

اليونان

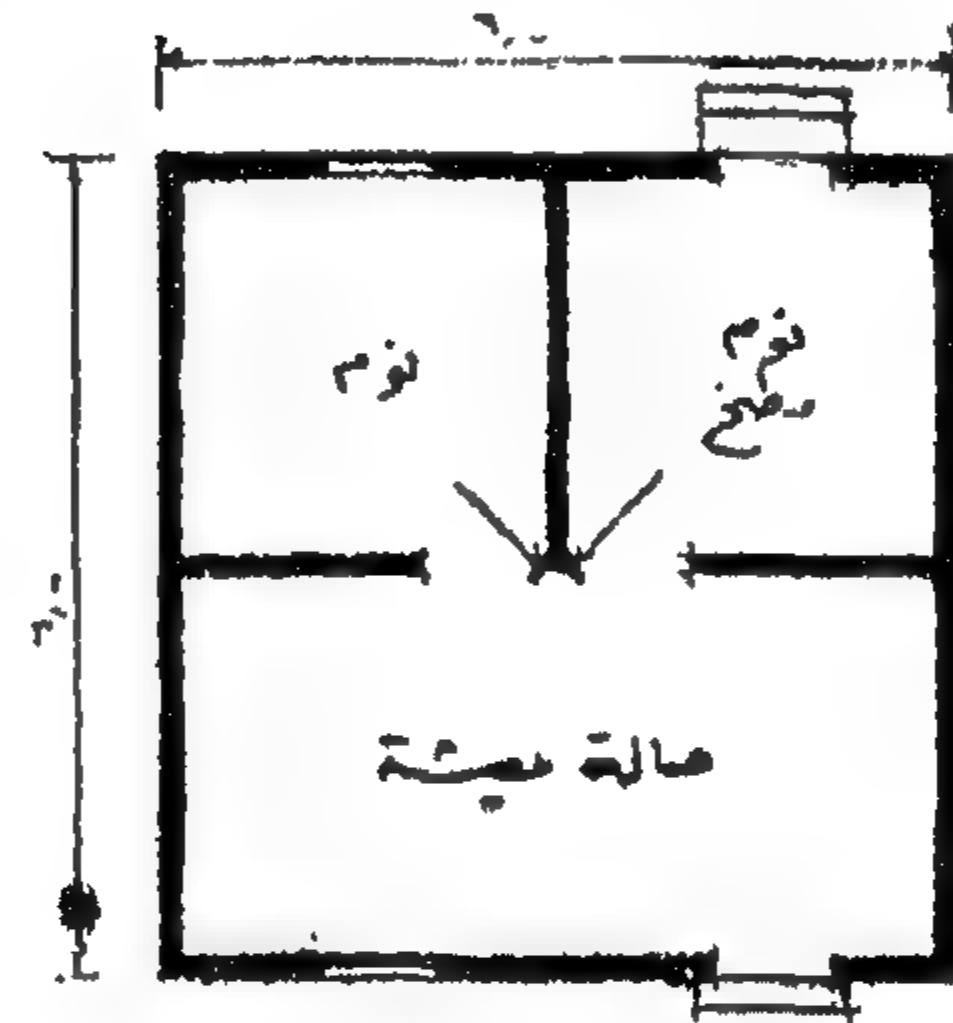


مخطط أفقي

باربادوس

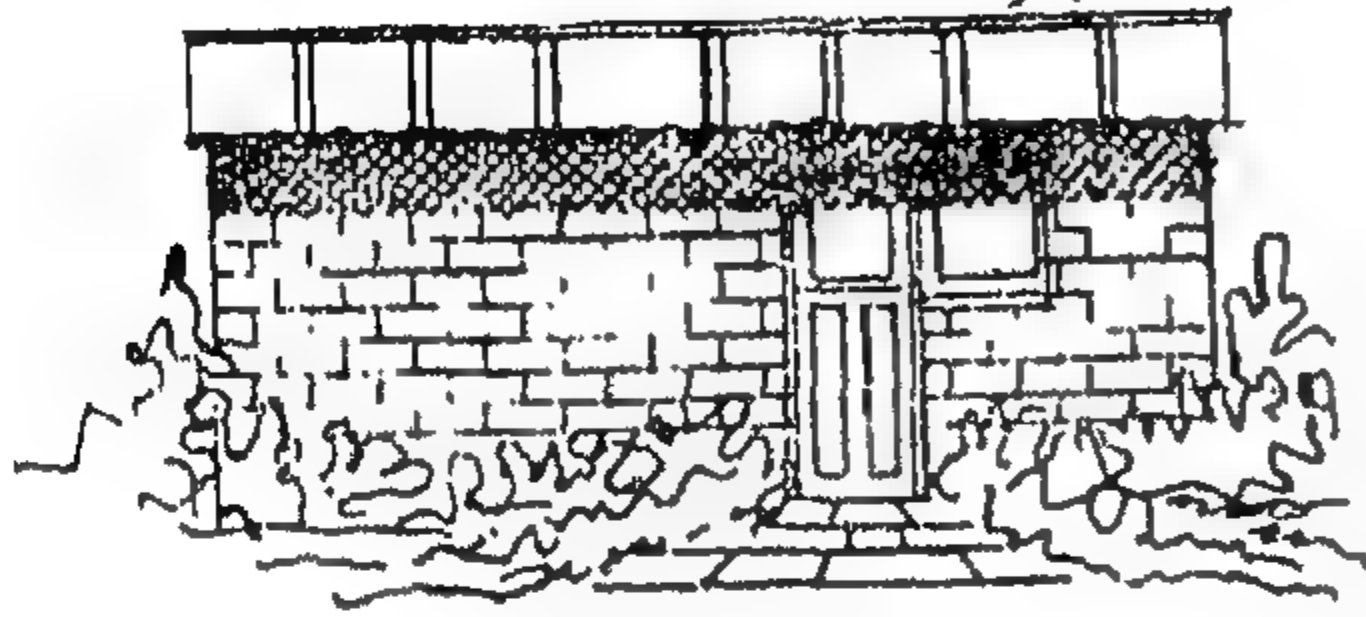
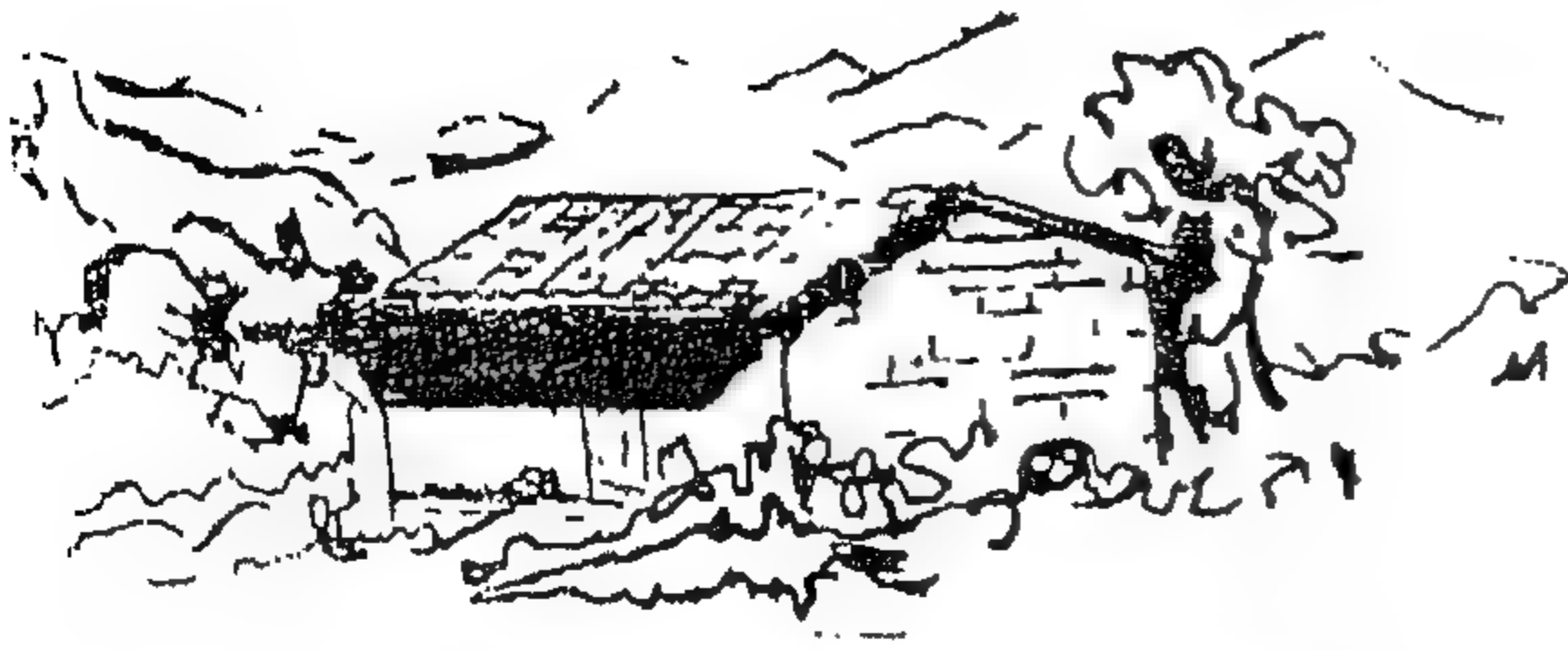


واجهة خلفية

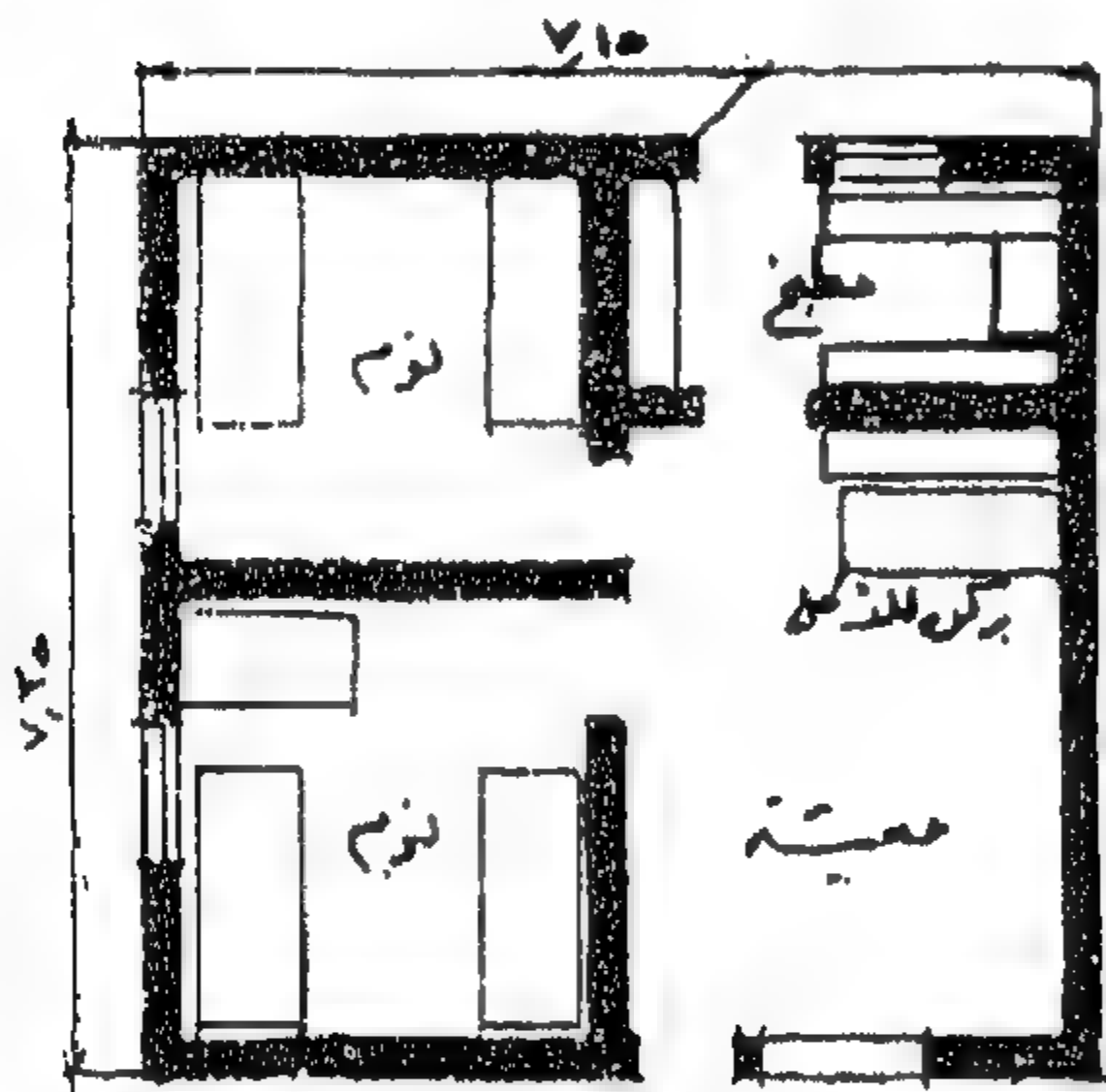


مسند أفقي

شيلي

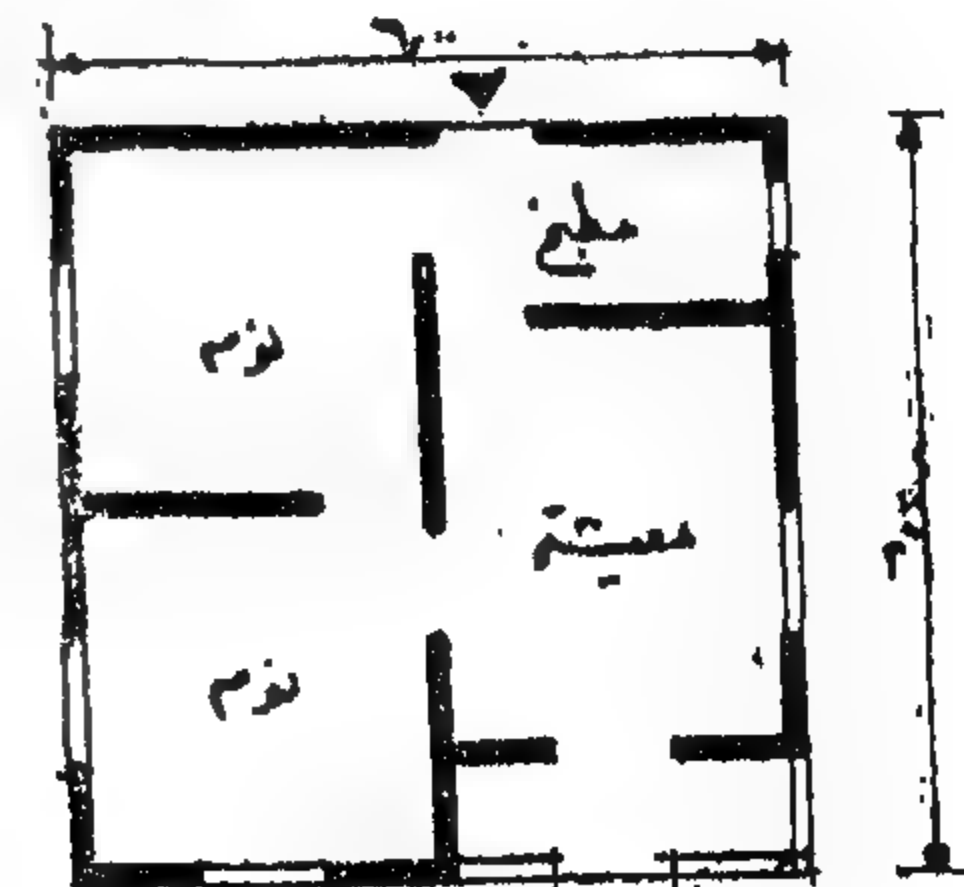
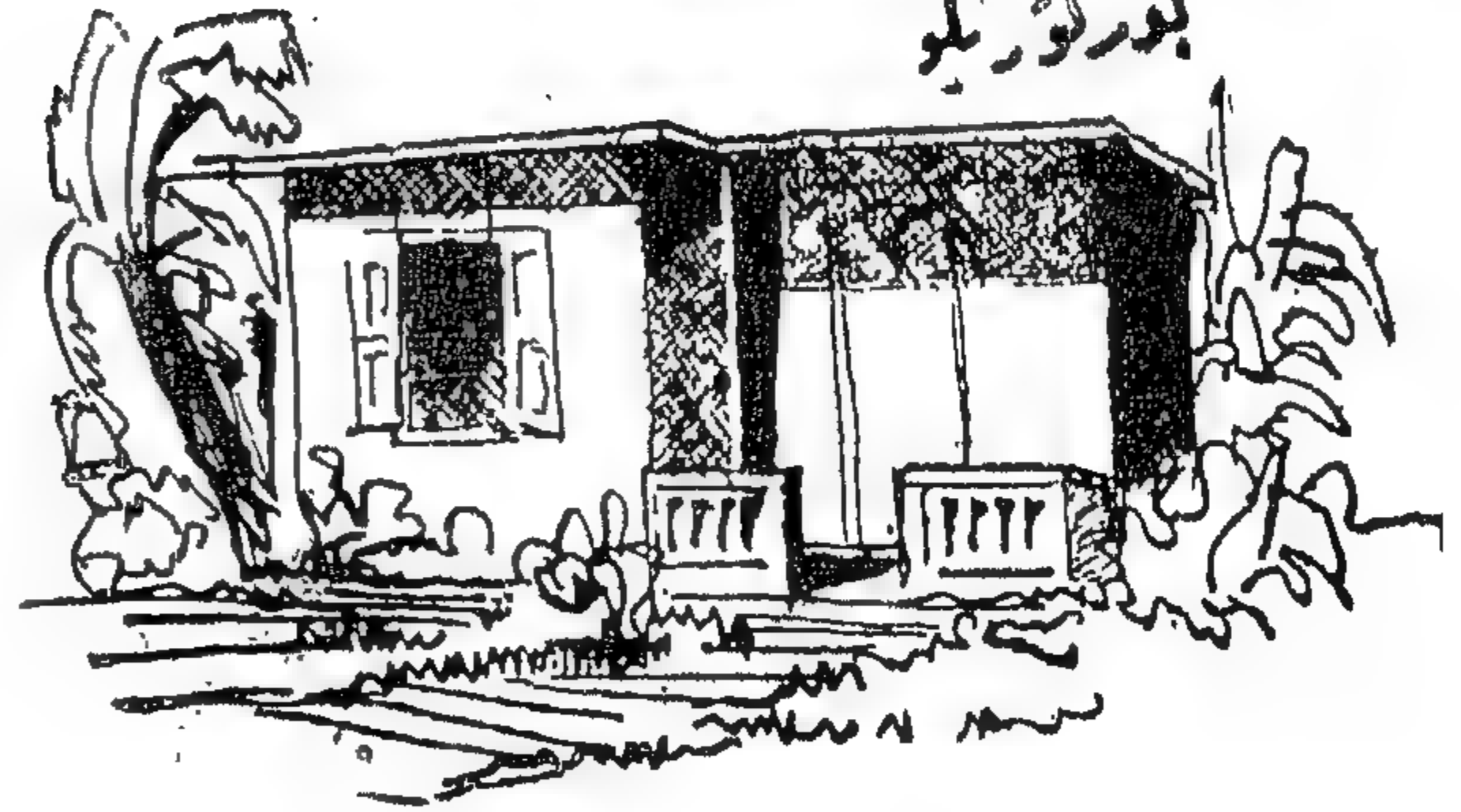


واجهة خلفية

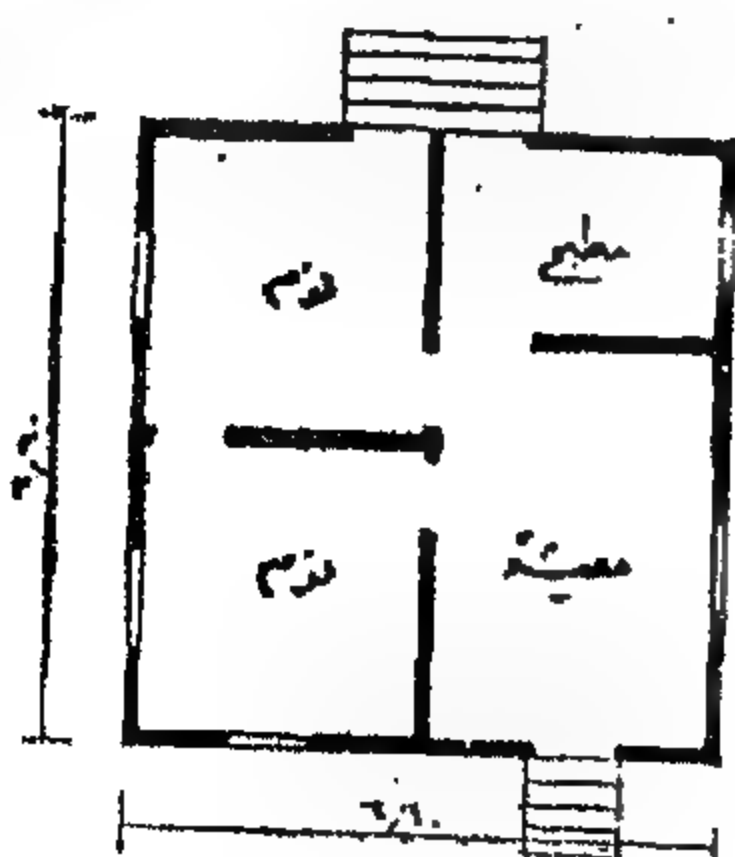
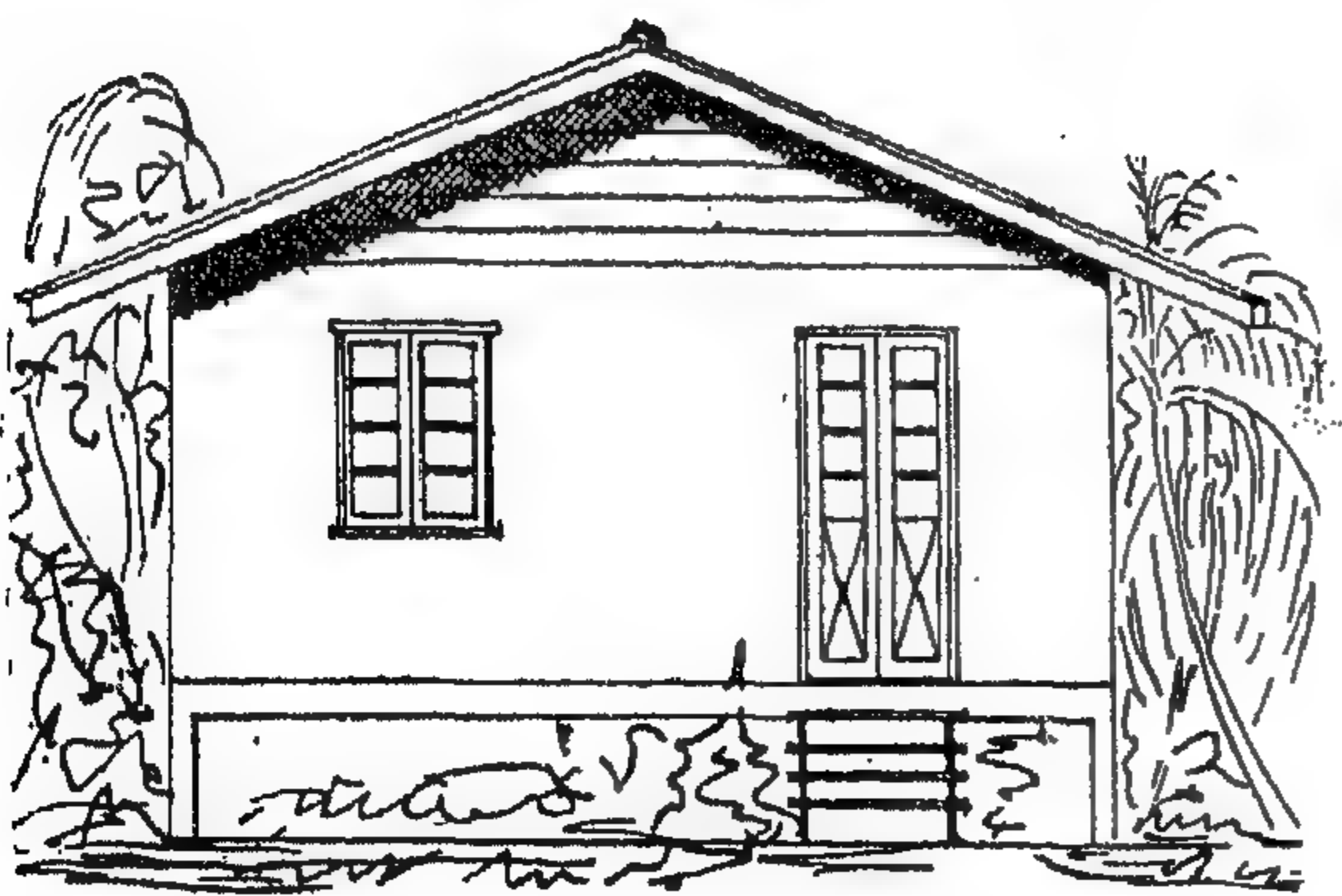


مسند أفقي

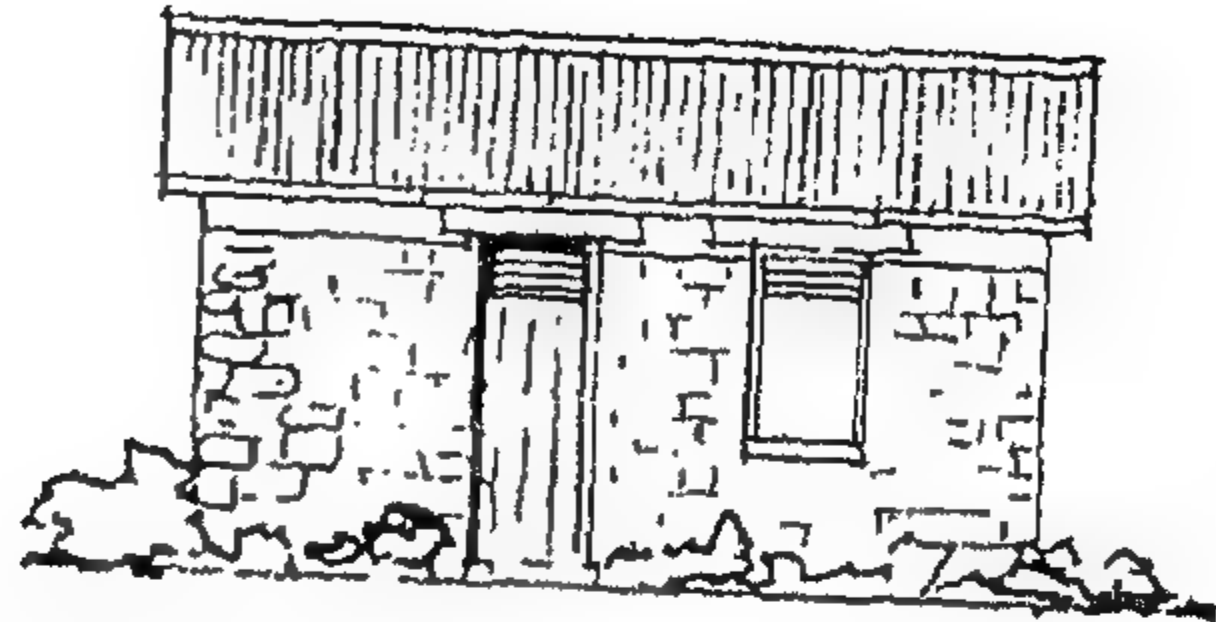
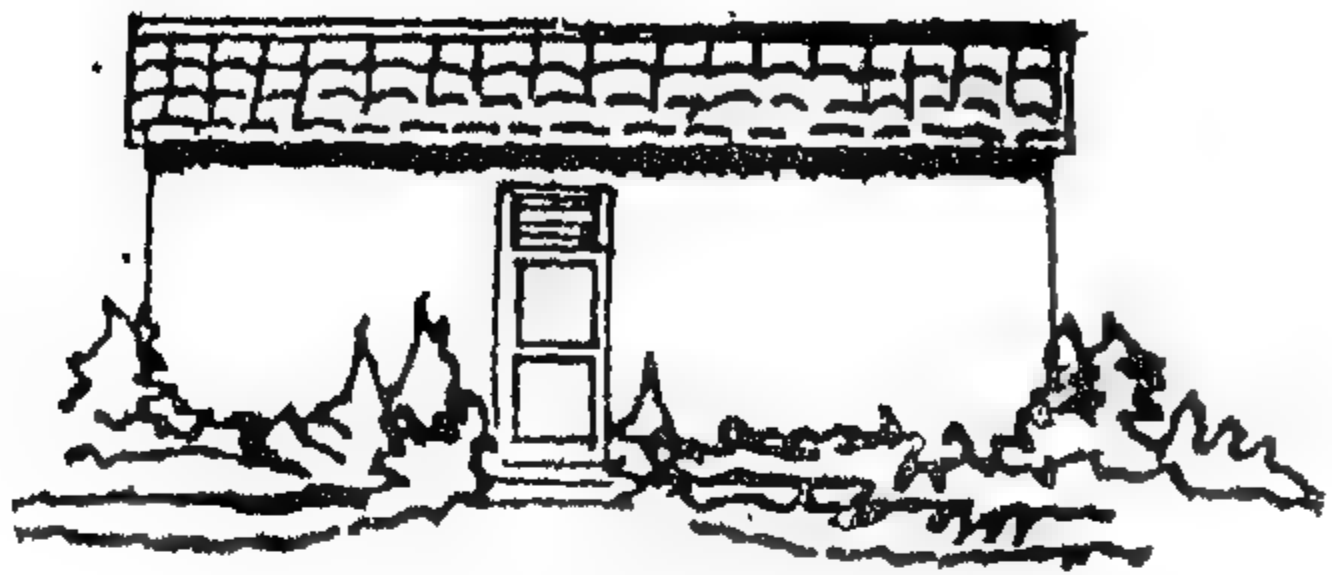
بورنوليكو



مسند أفقي

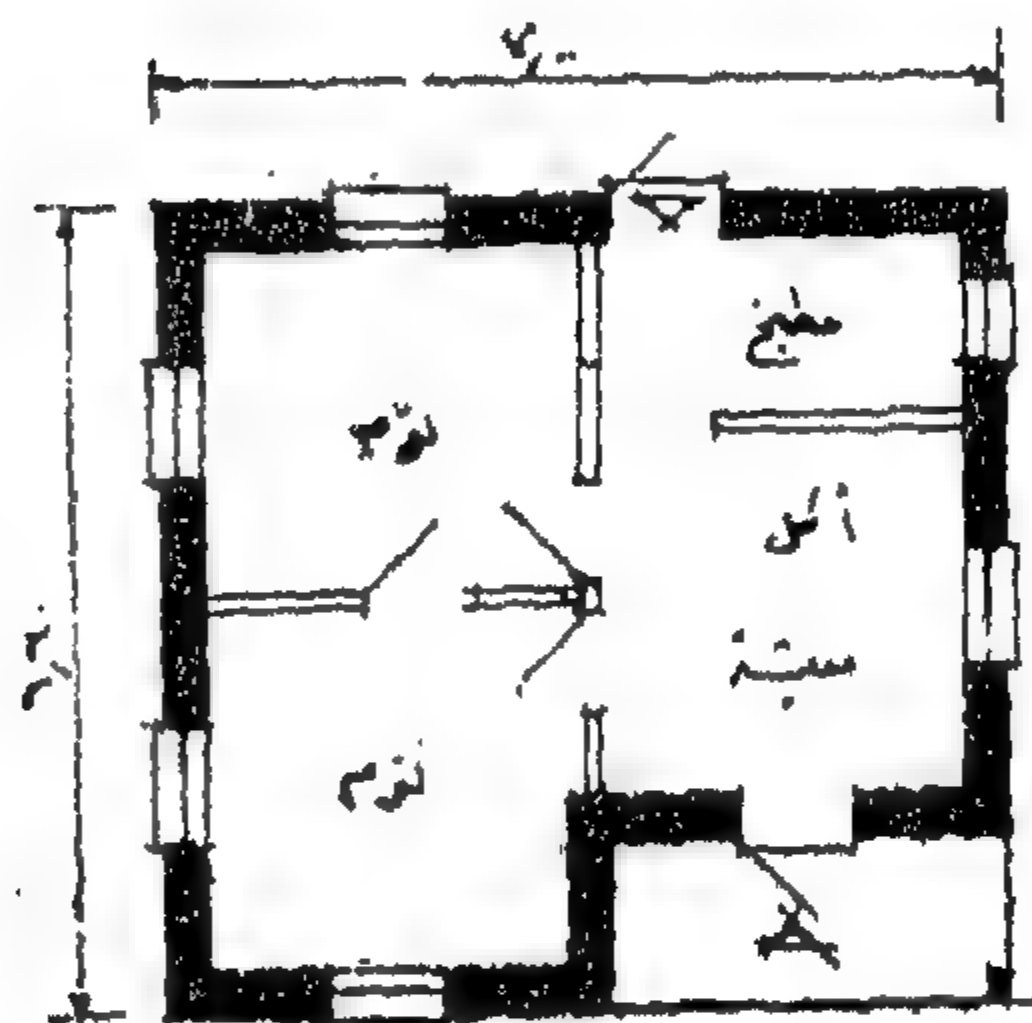
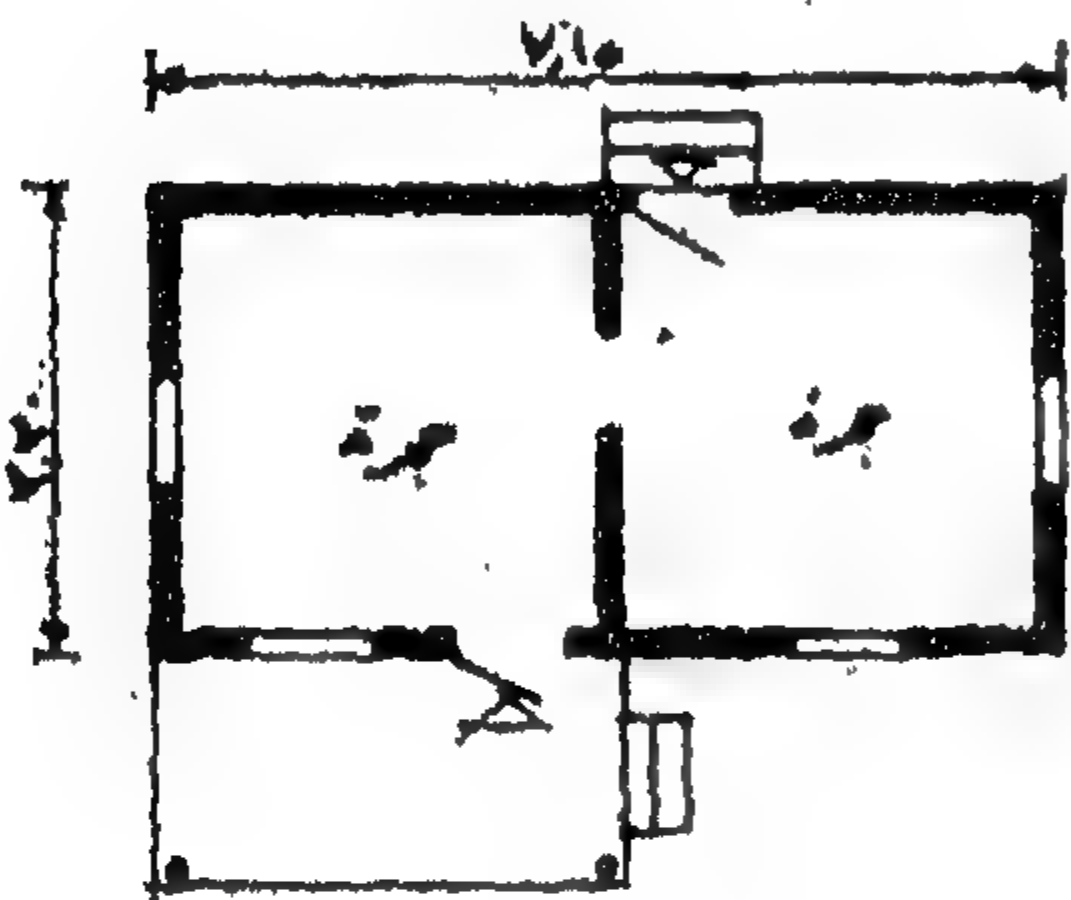


مسند أفقي



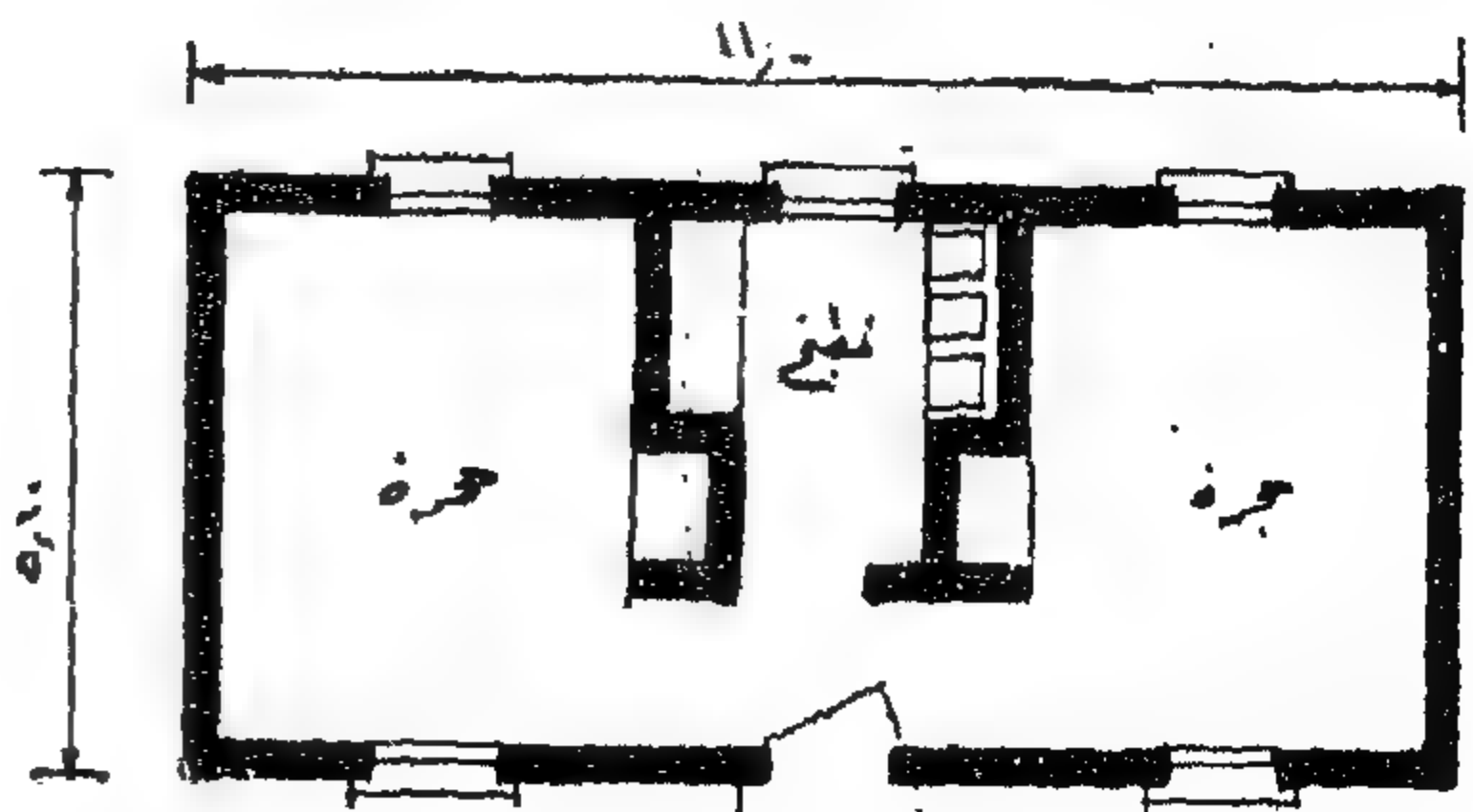
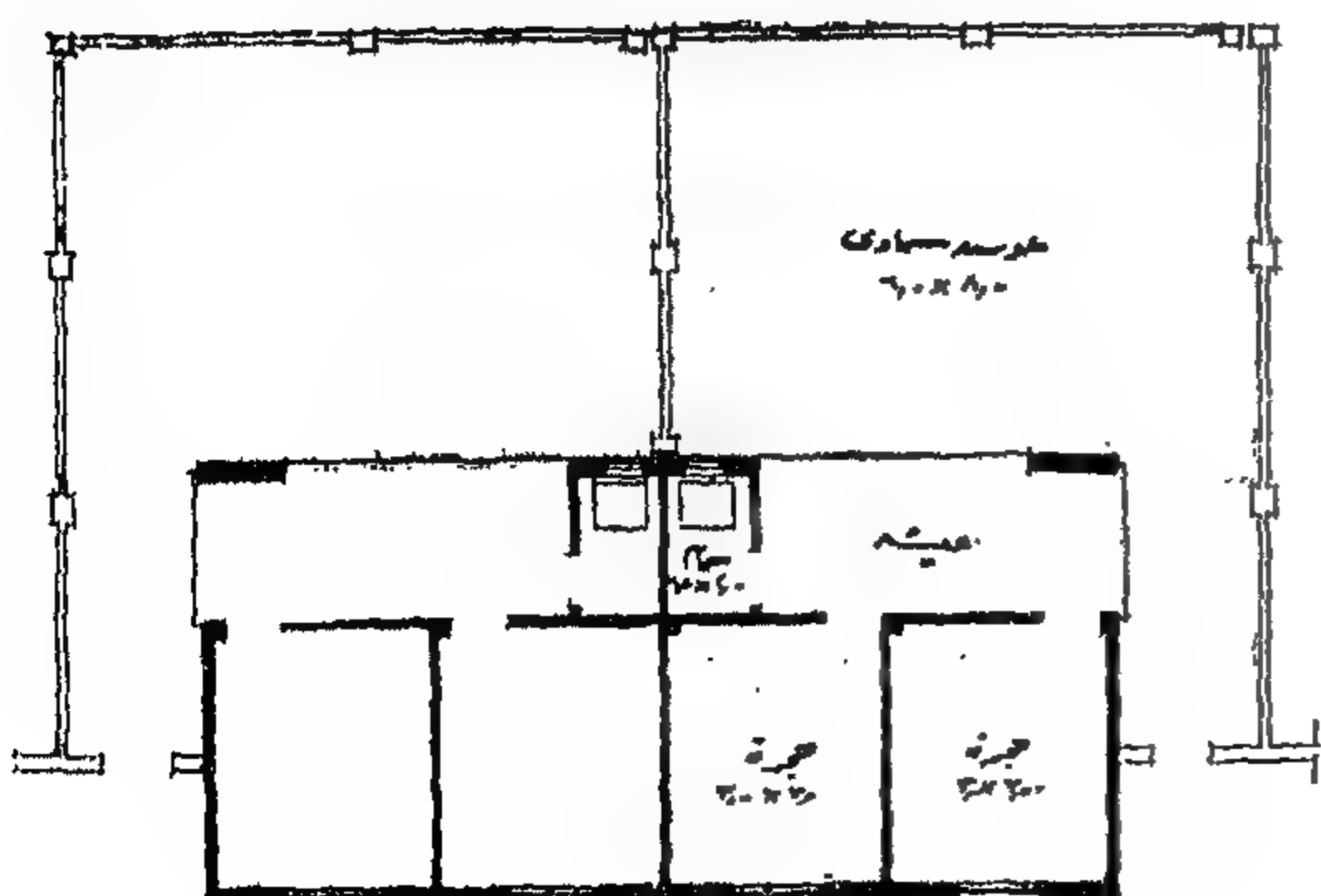
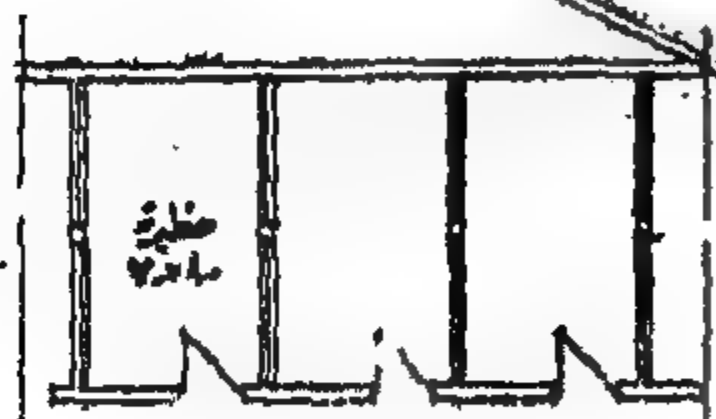
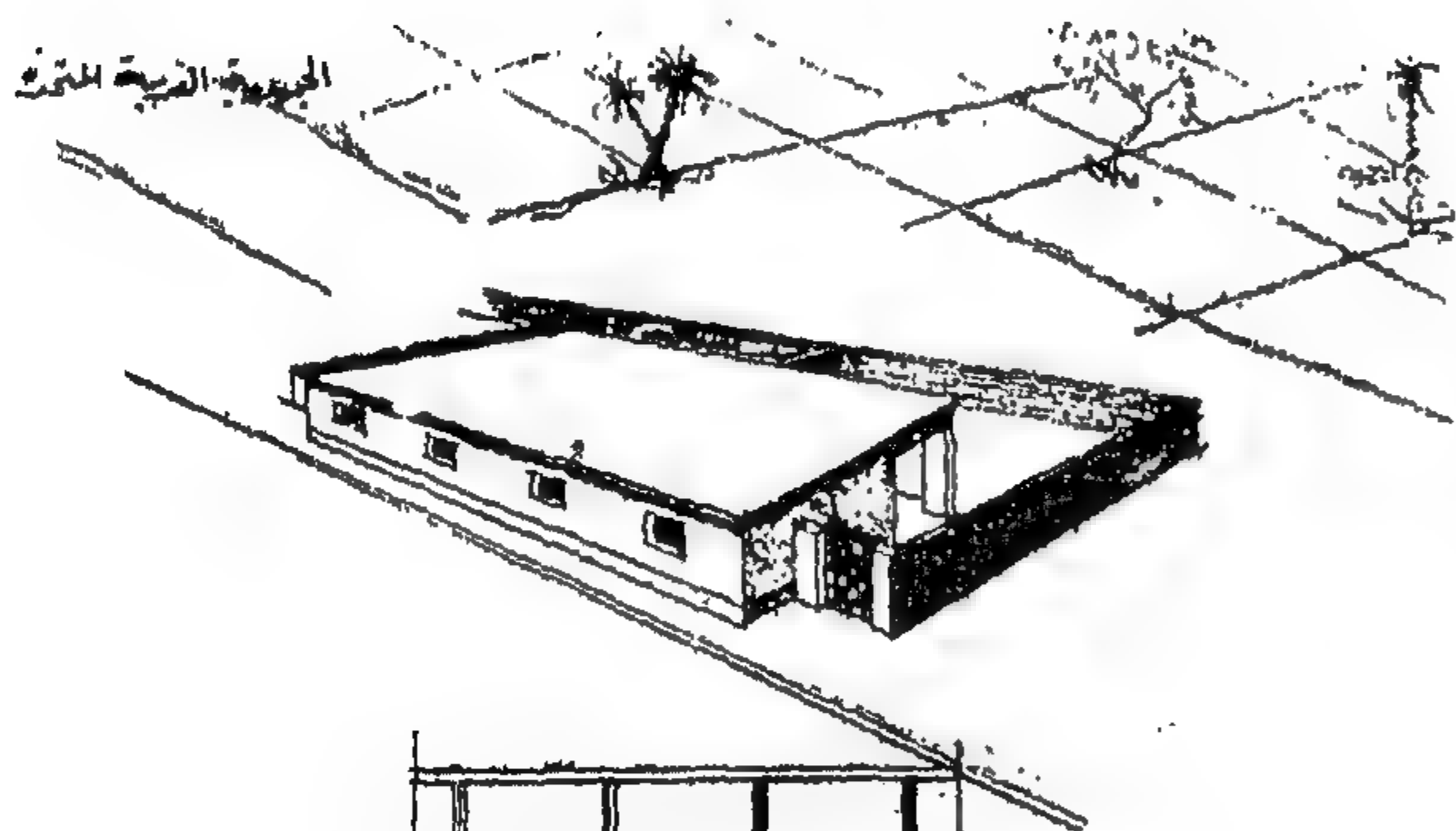
دامبر نعلند

دامبر نعلند



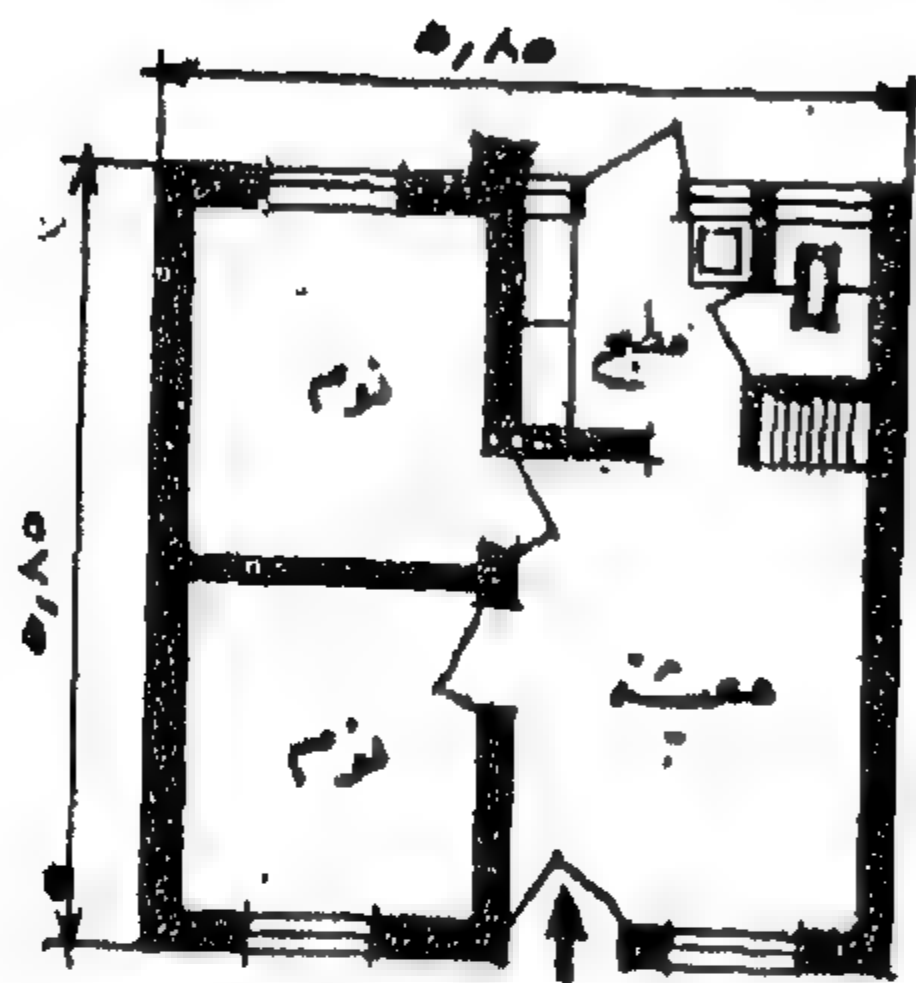
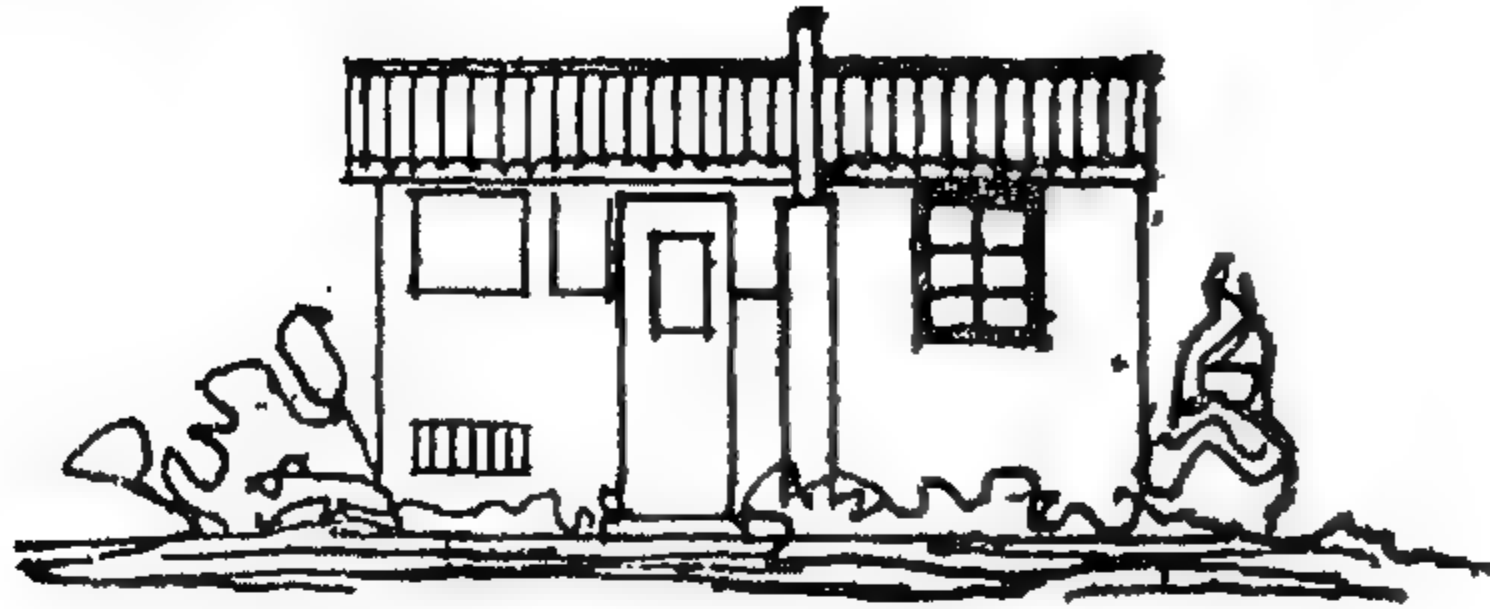
سند افق

سند افق



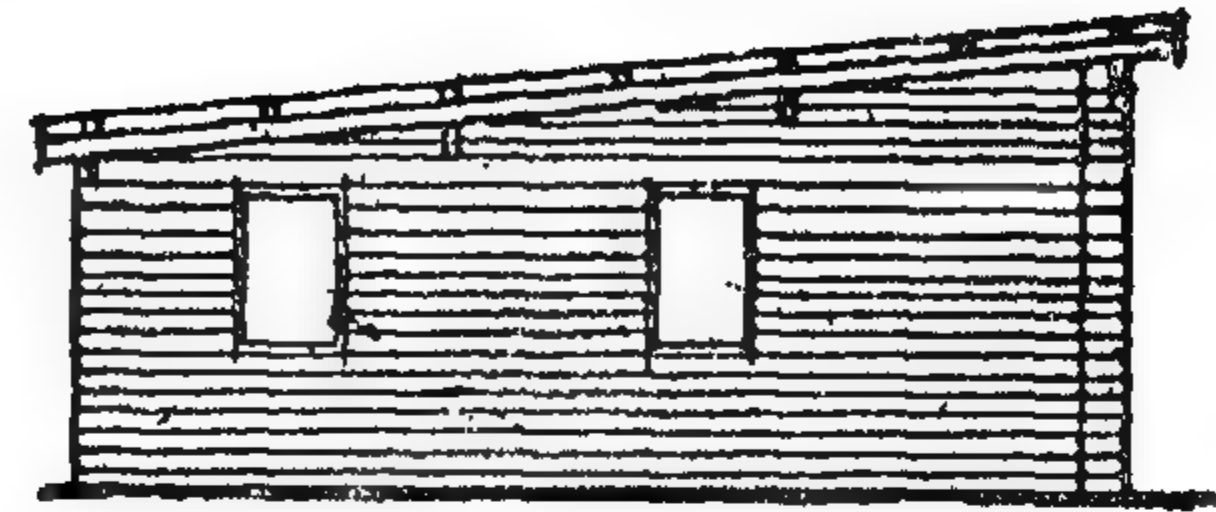
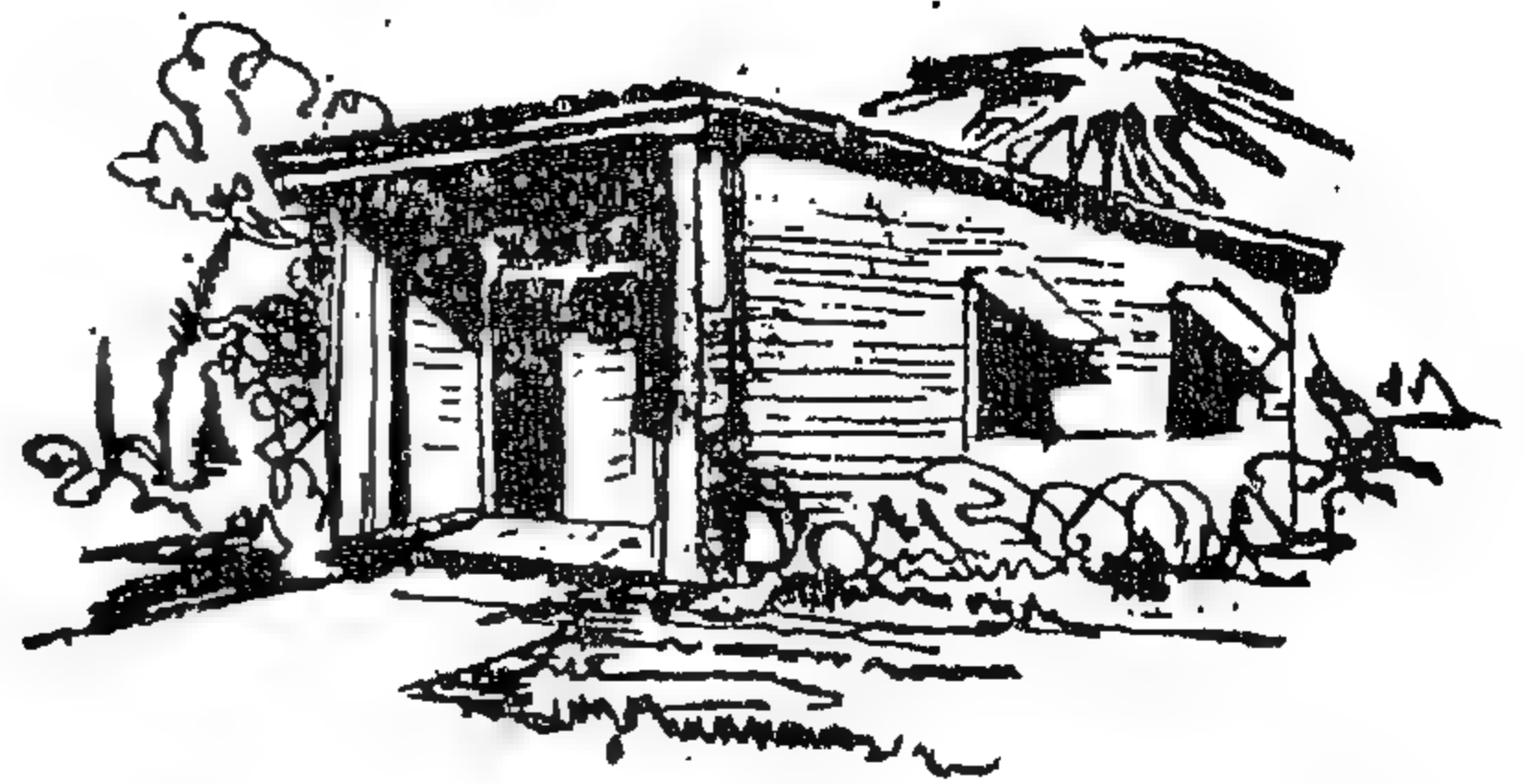
سند افق

المبنى

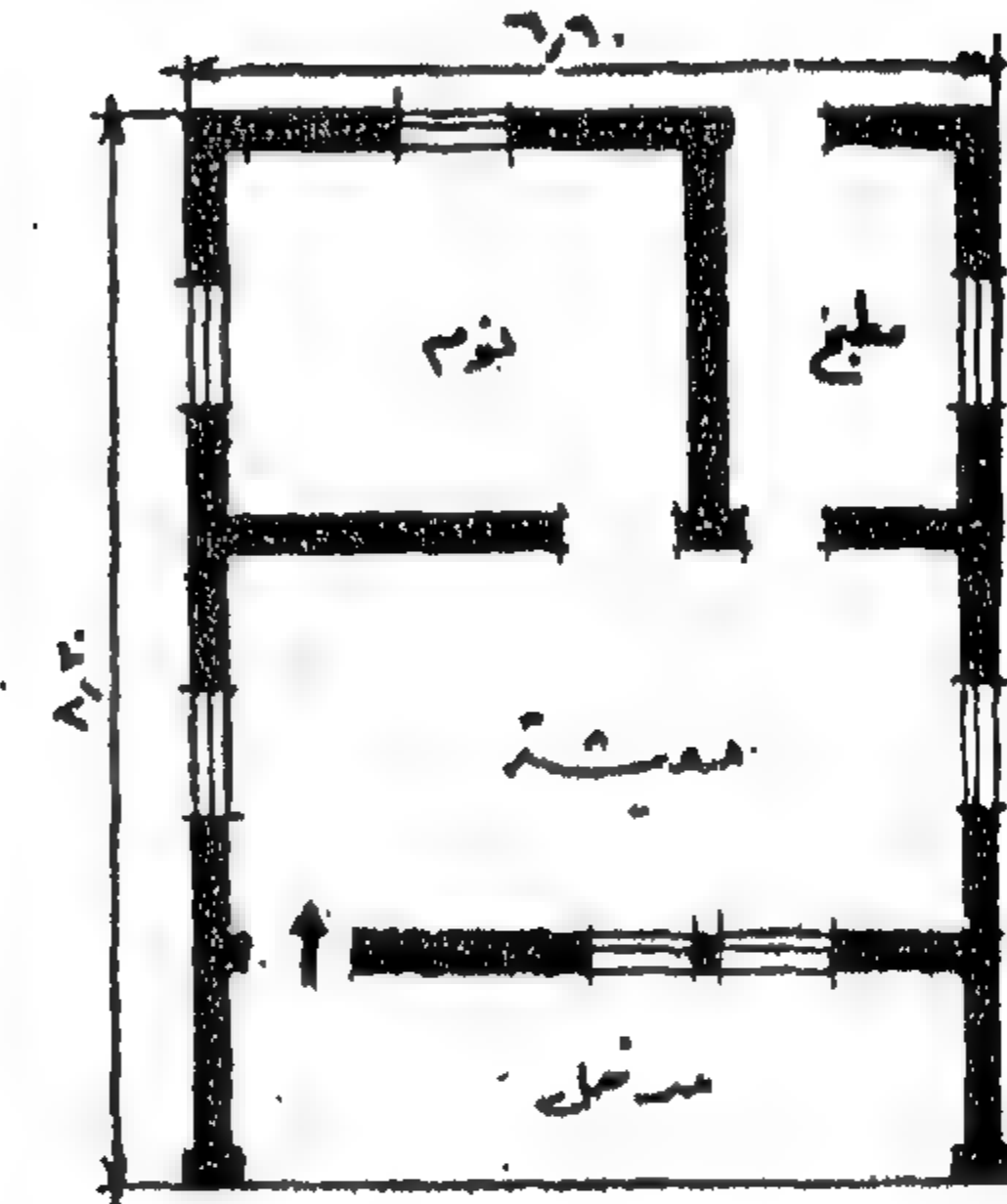


مستطابق

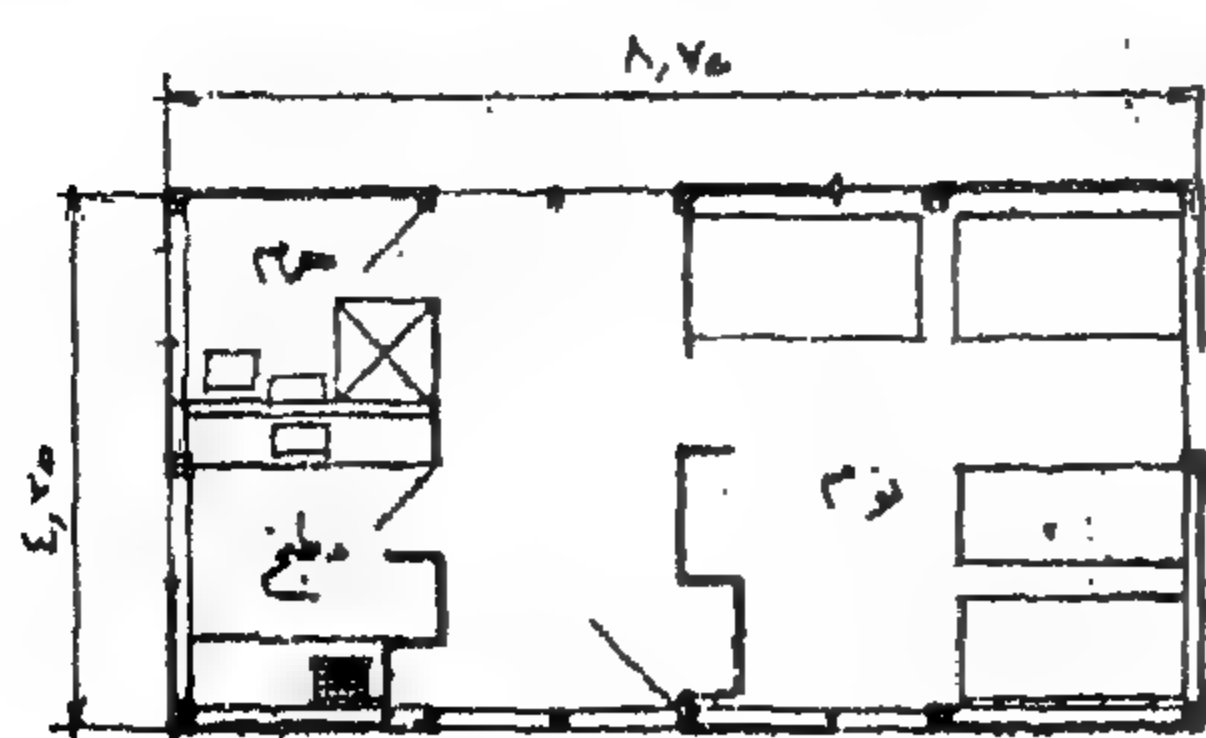
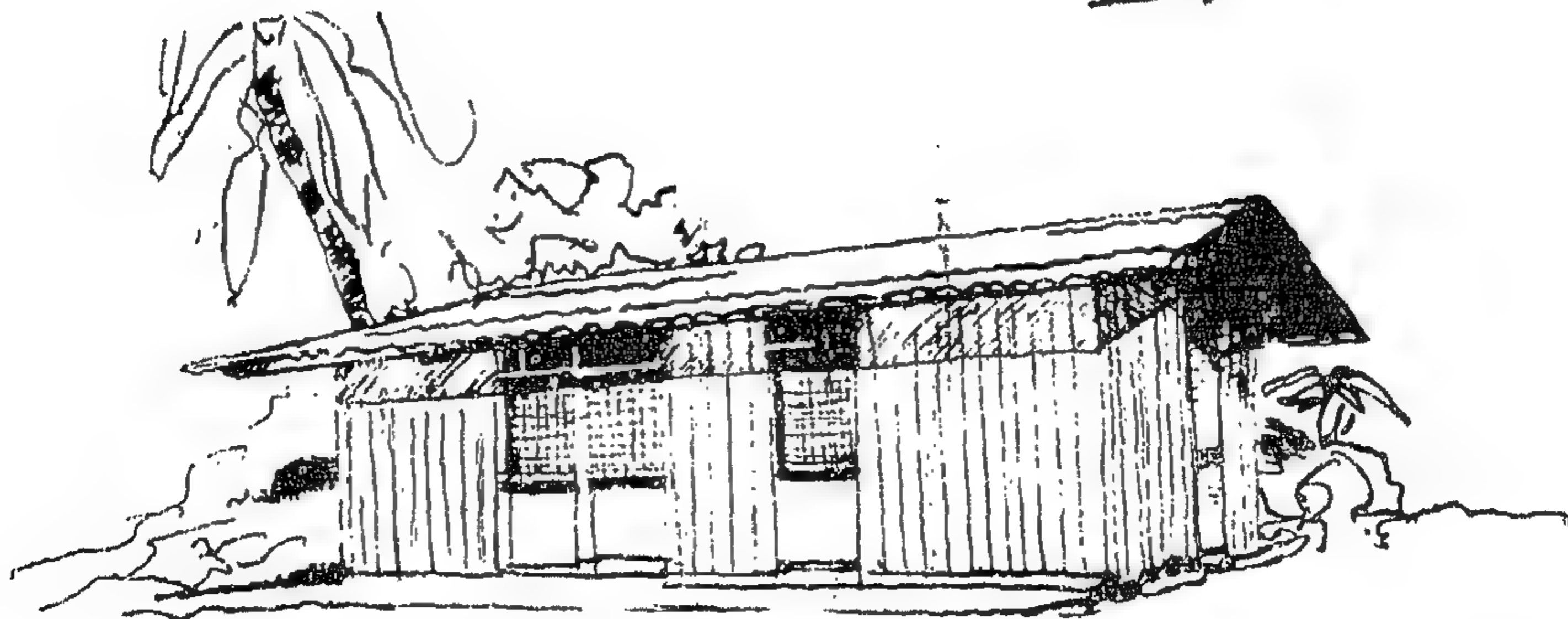
المبنى



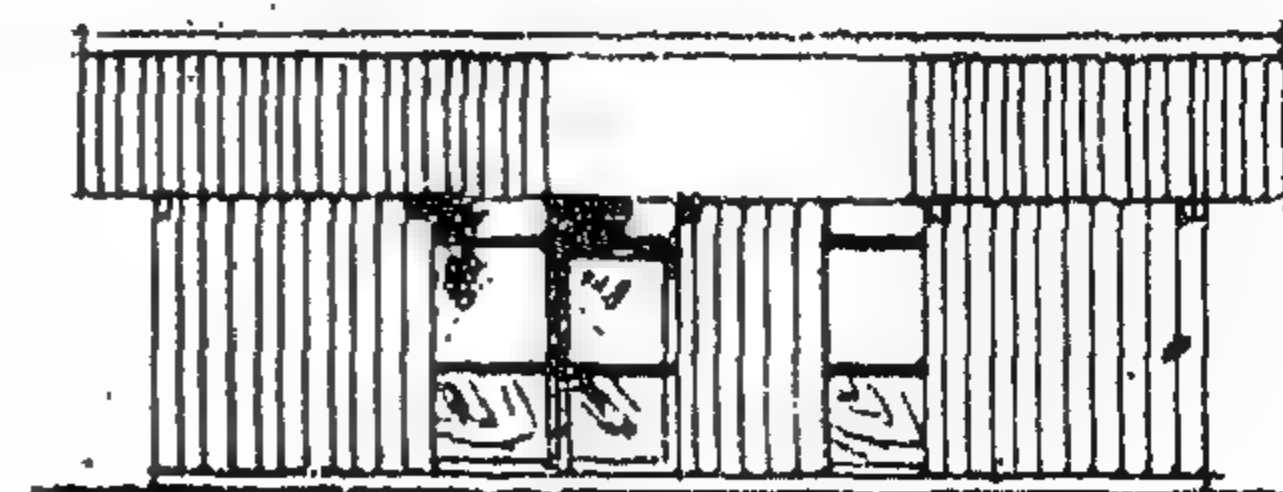
دائرة



عمودي



مستطابق



لبرامج الإسكان الذاتى الموجه وقد يأخذ هذا العمل أشكالاً عدة تبعاً للظروف المحلية فعندما تكون طرق الإنشاء التقليدية سهلة فربما يحيط بمعرفتها جميع المنتفعين . فى حين أنها لو كانت معقدة أو جديدة فسيكون العمل محدوداً لجميع العمال الغير مهرة أو معظمهم .

وعلى كل حال فالحقيقة القائمة أن العمل يجرى أثناء فترات الفراغ العادية وغالباً الفراغ الاضطرابى الناتج عن العمل الموسمى . وتبعاً لهذه الحقيقة وبغض النظر عما يأخذه شكل العمل فإن نتيجته كسب إقتصادى للفرد معاً .

صناعة البناء والسطح الذاتى الموجه :

أن برامج الأسكان الذاتى الموجه التى تساعد من هم فقراء لدرجة لا تسمح لهم بامتلاك مساكن تبقى لهم بمعرفة غيرهم لا تؤثر على الميزان العادى للامداد بالعمل الإنشائى فى المجتمع .

وفى حالات الطوارئ لا يسبب هذا النوع من الإسكان عادة البطالة أو يقلل من النشاط الإنشائى بغض النظر عن الحالة الاقتصادية للجماعات المشتركة . ولذا فإنه فى أغلب الأمثلة يمتص العمل الإنشائى ممن يعملون فى هذا المضمار إلا أن الأفراد والجماعات المشغولين فى مجال الإنشاء ربما يشعرون أنه كذلك ولذا فإنه من الأهمية القصوى أن يقدم البرامج بالطريقة التى تحظى باهتمام هؤلاء الذين يكتسبون من أعمال البناء .

الفصل الثانى

مدى ما يحققه مشروع الإسكان الذاتى الموجه من وفر لعل من أهم الخصائص التى يمتاز بها هذا المشروع هو الوفر الذى يمكن تحقيقه عن طريق عدة عوامل نذكر منها :

— أن استغلال أوقات فراغ المنتفعين وتجهيزهم للقيام بالأعمال الإنشائية يحقق وفراً فى أجور مصنفات الأعمال أو بضغطها إلى أقصى حد .

فى تقدم المشروع والتجمد الذى يحدث بعد ذلك يمكن بسهولة أن ينتج عنه انهيار مبكر وفشل ذريع فى البرنامج جميعه .

الإدارة والتنظيم والارشاد :

إذا أخذ برنامج الإسكان الذاتى الموجه مكانه المناسب فى إعادة إسكان الملايين من الناس فى هذا العالم والذين يعيشون فى مأوى غير لائق فإن ذلك يجب أن يتم على ضوء نظريات العمليات الواسعة المدى وهذا لا يعنى مطلقاً التقليل من أهمية المشاريع الصغيرة . فهذه لها مكانها المحدد كتجربة رائدة وكخطوة لعمليات ضخمة الحجم بالإضافة إلى أنها تمثل تجربة إعداد معبر ويمكن أن تخدم — فى المبدأ — فى تجنب الأخطاء الخطيرة .

وعموماً فالإسكان الذاتى الموجه الواسع المدى هو الذى يؤكد — بحتمية غير موجودة فى المشاريع الرائدة — أهمية ضرورة الإدارة الملائمة والتنظيم المدروس . إن طريقة الإدارة فى مشاريع الإسكان تستوجب اهتماماً زائداً ولما كانت طبيعة وقواعد البرنامج هى عبارة عن تعاون بين الناس والقائم بالمساعدة فإن ذلك يقتضى أن يثق الناس بأن البرنامج سىدار بفاعلية كافية . ويجب على الناس أن يعرفوا أن البرنامج ليس واقعياً فقط بل إن القائم بالمساعدة ينظم بدرجة تسمح له باخراج المساعدة فى أتم صورة إذا ساهم الناس بدورهم فيما هو مقترح وإذا لم يهيا القائم بالمشروع بالتنظيم المناسب ليجتمع لعب نصيبه من العمل فهو معرض ولا شك للفشل قبل أن يبدأ ومن الصعب إيقاد شرارة الحماس بين الجماهير مرة أخرى بعد أن تحبوا .

ولما كانت الظروف متباينة إلى حد كبير فى الأجزاء المختلفة من العالم فإننا لن نحاول أن نرسم حدود الإدارة والتنظيم المثالى فربما تعذر ذلك . ولكن كل ما حاولناه هنا أن نؤكد بالغ أهميتها .

مساهمة العائلة المنفعة :

إن قيمة مساهمة العائلات بالعمل هى الحسنة الكبرى

٥٠٪	ثمن الخامات (يشمل النقل)
١٣٪	أجور المصنعيات (يشمل ربح مقاول الباطن)
١٠٪	استهلاك العدد والآلات
١٠٪	مصاريف إدارية
١٥٪	أرباح (تتراوح بين ١٠٪ و ٢٠٪)
٢٪	طوارئ
١٠٠٪	

وباستعراض البنود السابقة نجد أنه في مشاريع الإسكان الذاتى الموجه يمكن توفير نسبة الأرباح الـ ١٥٪ والتي كان يناها المقاول بالإضافة إلى الـ ١٣٪ أجور المصنعيات . كما أنه يمكن تخفيض نسبة ثمن الخامات إذا أجريت دراسة وافية لمصادر الخامات التي يمكن توافرها محلياً وإمكان استغلالها أو تصنيعها في الموقع بواسطة المنتفعين وبذا يمكن ضغط تكاليف تصنيعها خارج الموقع ومصاريف نقلها إليه وكما سبق أن أوضحنا أنه في الإمكان أيضاً مساهمة المنتفعين في جمع وتحضير الخامات المتوفرة محلياً مثل الزلط والرمل والأخشاب الخ .

وبفرض أن النسب الأخرى الباقية ستبقى كما هي . لبلغ مجموع الوفرة ٢٨٪ على الأقل من قيمة تكاليف السكن . وذلك في حالة الإنشاء بالطرق والمواد التقليدية المعروفة . إلا أنه في الإمكان تطوير طرق الإنشاء واستحداث خامات جديدة تحقق وفراً أكثر والمجال يتسع في هذا المضمار يوماً بعد آخر .

الفصل الثالث

كيف يمكن أن تطبق فكرة الإسكان الذاتى الموجه في الجمهورية العربية المتحدة

أبانت نتائج تعداد سنة ١٩٦٠ أنه يوجد في ج.ع.م. ٢٥ مليون أسرة مقابل - ٤٠ مليون أسرة سنة ١٩٤٧ . وكان منها في الريف وحبقة ٣٣ مليون أسرة سنة ١٩٦٠ .

وإمكان الاعتماد على المنتفعين في جمع وتحضير الخامات المتوفرة محلياً أو القيام بصناعات يدوية مبسطة لإنتاجها .

— وقيام المنتفعون أنفسهم بإلغاء يوفر الربح الذي يجنيه عادة مقاولو الأعمال الإنشائية .

ولتوضيح ذلك يمكننا أن نستخلص هذه النتائج عملياً من أحد مشاريع الإسكان التي تمت سنة ١٩٦٢ في منطقة أديس بحافظة البحيرة والتي اضطلعت بها هيئة التنمية والتعمير بالبحيرة والفيوم .

يتكون مسكن الفلاح في هذا المشروع من صالة للمعيشة وحجرتين للنوم وحمام به مرحاض وحوش سماوى وحظيرة منفصلة للمواشى (انظر المسقط الأفقى المرفق) والمساحة المبنية في السكن تبلغ - ٢٣٨م^٢ ولحظيرة ٢٣٢م^٢ ومساحة الحوش المكشوف - ٢٥٠م^٢ .

والجدول التالى يوضح المقارنة بين اتكاليف في حالة إنشاء المسكن بمعرفة أحد المقاولين وبين إنشائه بواسطة المنتفعين .

وبمقارنة تكاليف جميع الأعمال وتكاليف مصنعياتها نجد أن نسبة المصنعيات تبلغ حوالى ١٣٪ من قيمة إجمالى تكاليف السكن في حين أن النسبة لكل من البنود على حدة تتراوح بين ١٠٪ إلى ١٥٪ . هذا بالإضافة إلى نسبة ربح مقاول الباطن الذى تدخل ضمن فئات بنود المصنعيات ولكننا سنتغاضى عن نسبة هذه الأرباح لتغطى تكاليف ما يمكن أن يحتاجه العمل من عمال فنيين في المراحل الفنية الصعبة التي لا يستطيع المنتفع العادى القيام بها .

وبالدراسة التفصيلية لعدة مشاريع إنشائية أمكن التوصل إلى وضع نسب لثمن الخامات والمصنعيات واستهلاك العدد والمصاريف الإدارية وربح المقاول هي أقرب ما تكون إلى الحقيقة في الحالات العادية .

الكمية للمنزل الواحد	التكاليف حسب أسعار القاول		تكاليف المصنعية		مقطوعة الفرد في اليوم	الزمن الذي يستغرقه بناء المسكن
	النفقة	الجملة	النفقة	الجملة		
٢٦	٠١١٠٠	٢٦٦٠٠	٠٠٨٠	٢٠٨٠	٣٠٠٠	٨٧٠
٢	٠٠٥٠	٠١٠٠	٠٠٥٠	٠١٠٠	٦٠٠٠	٠٣٠
١٥	٢٤٠٠	٣٦٠٠٠	٨٣٠٠	٤٥٠٠	١٤٠	١٠٧٠
١١٦٠٠	١١٠٠٠	١٢٧٦٠٠	٠٣٥٠	١٧٤٠٠	٣٠٠٠	٣٨
١٤٢٥	٣٢٥٠		٠٣٥٠		١٤	٨٢٠
٨٠	٠٥٠٠	٤٦٣٠٠	٠٤٠٠	٦٤٠٠	١٥٠	٩٥٠
٩	٠٢٥٠	٢٢٥٠	٠٠٧٠	٥٦٠٠	١٠٠٠٠	٨٠٠
٩٠	٠١٨٠	١٦٢٠٠	٠٠٨٠	٠٧٢٠	٣٠٠٠٠	٠٣٠
٧٠	٠١٥٠	١٠٥٠٠	٠٠٦٠	٥٤٠٠	٣٠٠٠٠	٣٠٠
١٩٠	٠٠٤٠	٧٦٠٠	٠٠١٠	١٩٠٠	٦٠٠٠٠	١٠١٠
		١٦٠٠				٣١٠
		٦٠٧٠٠				٦٢٥٠
		٣٥٩٤٥٠			٤٧٦٠٠	٨

٢م - حفر الأساسات

٢م - ردم

٢م - خرسانة عادية للأساسات

٢م - خرسانة مسلحة للأساسات والأسقف

٢م - شد وفك التجارة رص الحديد رص الخرسانة

٢م - مباني بالطوب الأحمر

٢م - مباني ١/٢ طوبية

٢م - طبقة عازلة

٢م - للأساسات

٢م - يابض داخلي وخارجي

٢م - لبانة للأسطح

٢م - دهان فرشاة بالجير

٢م - الأعمال الصحية

أعمال النجارة

تكاليف جميع الأعمال

(٩) يتضح من الجدول أن الزمن الذي يستغرقه بناء المسكن بجهد فرد واحد يبلغ ٦٢ يوماً فإذا كان متوسط عدد ساعات العمل عابية ساعات يومياً فيصبح الوقت اللازم ٥٠٠ ساعة ويتكون من جماعة مكونة من ثلاثين فرداً تعمل يوماً لمدة ٨ ساعات فيكون الوقت الذي يستغرقه بناء المسكن هي ٨ × ٣٠ = ٥٠٠ يوماً

بمعرفة السلطات المحلية سيحقق نجاحاً فائقاً إذا ما أعدت دراسة وافية في كل محافظة للنواحي الآتية :

أولاً : مصادر الخامات التي تتوفر محلياً والتي يمكن استخدامها في البناء سواء بحالتها الراهنة أو بتصنيعها إلى خامات بنائية .

ثانياً : حصر مصادر القوى البشرية المعطلة ودراسة مدى إمكان استغلالها في البرامج السنوية والفترات الزمنية التي يمكن للمنتفع تكريسها لأغراض البناء . وكذا حصر الكفاءات الفنية المختلفة المتوفرة محلياً والتي يمكن الاستفادة بخبراتها في إنجاح وتأييد الجهود المبذولة من جانب السلطة المحلية والمجتمع .

ثالثاً : وضع التصميم المناسب للمسكن الذي يتوفر فيه قلة الجهود لصيانتة وضغط تكاليف إنشائه إلى أضيق الحدود مع الاحتفاظ بالتصميم الفعال الذي يؤدي الغرض منه والذي يتجاوب مع التقاليد والعادات والرغبات المتبعة في المناطق المختلفة .

رابعاً : تدريب الفنيين على مختلف مستوياتهم للقيام بدورهم في الإرشاد والمساعدة في جميع مراحل المشروع .

خامساً : القيام بنشاط اجتماعي فعال بواسطة لجان الاتحاد الاشتراكي العربي والهيئات الاجتماعية الأخرى للبحث على التعاون مع السلطات المحلية والقيام بعمل إيجابي مشترك مع الطرفين لعلاج المشكلات التي تواجه المجتمع .

سادساً : المصادر للتمويل تساند الحكومة المركزية والمحلية في أعباء القيام بمشاريع الإسكان مثل الهيئات الصناعية والجمعيات الخيرية والنقابات المهنية المختلفة وشركات التأمين .

وعندما تكتمل الدراسة للخلوط العريضة السابقة للمشروع يبدأ في الدراسة التفصيلية لمرحلة التطبيق .

مقابل ٢٧ مليون أسرة سنة ١٩٤٧ . ومن ذلك يتبين أن عدد الأسر قد زاد في الفترة من سنة ١٩٤٧ إلى سنة ١٩٦٠ بنسبة ٢٨٨٪ أي بمعدل ٢١٪ سنوياً ومعنى ذلك أننا في حاجة إلى ٢١٪ من المساكن سنوياً .

وذلك بالإضافة إلى أن معظم القرى الحالية والتي يبلغ عددها ٤٠٨٠ قرية لا يمكن أن تعتبر بأية حال من الأحوال صالحة للسكنى سواء من ناحية التخطيط والتصميم ومن الناحية الصحية والاجتماعية .

ويقتضى الأمر والحالة هذه أن يشرع فوراً في مشاريع الإسكان ذات الطابع الاقتصادي والواسع المدى مثل الإسكان الذاتي الموجه وبدراسة الموقف في الريف المصري نجد أن المشاريع يجب أن تتناول القرى القديمة القائمة والقرى الجديدة المستحدثة . هناك من ينادى بإجراء الإصلاحات والتحسينات على القرى القائمة ولكن هذا الحل ليس بذي نفع كبير في أغلب القرى لسوء حالتها بدرجة لا يمكن معها تطويرها وسيكون ذلك بمثابة ترقيع ثوب مهلهل . والحل المنطقي أن نشيد قرى جديدة ملاصقة للقديمة بالاستعانة بجهود السكان الحاليين للقرى وتطبيق فكرة الإسكان الذاتي الموجه .

أما القرى المستحدثة فإنه يمكن إنشاؤها بتطبيق نفس فكرة الإسكان الذاتي الموجه وذلك بالاستعانة بعمال الترحيل على أساس أن يتملكوها بعد إتمامها .

وأنه لمن حسن الحظ أن يطبق نظام الإدارة المحلية في الجمهورية العربية المتحدة والذي أثبت وجوده وكيانه خلال تجربة الأعوام القليلة الماضية . وأنه لفي وسع هذا النظام القيام بالكثير من الأعمال التي لا يمكن لغيره أن يضطلع بها . وفي اعتقادي أن تطبيق فكرة الإسكان الذاتي الموجه

(*) أجرى إحصاء متوسط عدد الأيام التي يعمل فيها الفلاح في حقله على مدار السنة فبلغ ٢٠٠ يوماً وبذلك يكون متوسط عدد الأيام التي يمكن الاستفادة منها ١٦٥ يوماً في السنة .

الفصل الرابع

دور المهندس العمارى فى إنجاز مشاريع الإسكان الذاتى الموجه

يتوقف نجاح مشاريع الإسكان الذاتى الموجه على ثلاث عناصر رئيسية هى :

مصادر التمويل — والتوجيه الاجتماعى — والدراسة الفنية التطبيقية بمعرفة المهندسين والعبء الذى يضطلع به المهندس فى هذه المشاريع ليس بالعمل الهين أو اليسير وإنما هو عمل شاق يتطلب دراية فنية متخصصة وتفهم تام واقتناع بفكرة المشروع وإيمانه به وترجمة هذه الفكرة إلى تصميم يعكس رغبات الناس فى حدود الإمكانيات المحلية . والعناصر التى يجب أن تحظى باهتمام المهندس عند دراسته للمشروع هى :

أولاً : التصميم

ثانياً : اختيار مواد البناء

ثالثاً : اختيار طرق البناء

أولاً — التصميم :

لا تختلف عناصر التصميم الناجح فى مشاريع الإسكان الذاتى الموجه عنها فى أى مشروع إسكانى آخر . فيجب أن يكون إعدادة فاعلياً وطريقة إنشائه مبسطة والاستفادة إلى أقصى الحدود من المواد ووقت العامل بالإضافة إلى مراعاة الظروف المحلية والعادات المتأصلة والرغبات المختلفة . كل ذلك مجتمعنا يحقق لنا إلى أبعد حد نجاح التصميم لمسكن تتوفر فيه المتانة وتأدية الغرض فى حدود الإمكانيات المالية المتيسرة وعند دراسة تصميم المسكن يجب التأكد أن التصميم يسمح بالاستفادة القصوى الفعالة من الوقت الذى سيكرسه المنتسبون للعمل فى الانشاءات وإن استقطاع وتقليل كمية العمل الذى يستوجب دراية فنية هى أهم العناصر التى يمكن أن ينتج عنها إقتصاد فى التكاليف الاجمالية للمسكن .

والأمثلة المختلفة للتصميمات الموضحة بالصفحات التالية تبين

كيف أن المصممين حاولوا أن يحلوا مشكلاتهم الميمنة . وبعض هذه التصميمات ربما تبدو وكأنها تفتقر للخيال أو تعكس تأثيرات ليست مناسبة للبيئة المحلية — وبعضها ربما يخلو من احتمال إجراء إضافات أو امتداد أو تتجاهل القواعد المبدئية لظروف المناخ وارتباطها بالتصميم العمارى . ولكن قبل أن نحكم على هذه التصميمات يجب أن نتذكر أن عادات وتقاليده ورغبات الناس تقف دائماً عقبة كأداء فى سبيل مبادئ إخراج تصميم ناجح .

ومن الواضح أنه لا يمكن نقل فكرة التصميم بحذافيرها من بلد لآخر أو حتى من منطقة لأخرى سواء من الناحية التصميمية للمسكن أو من حيث شكل التنظيم الاجتماعى بدون تعديلات تلائم الاختلاف فى طرق الإنشاء وتوفر مواد البناء ونوعها وطبيعة الناس وعاداتهم والوقت الذى يستطيع المنتفع تكريسه للعمل .

ثانياً — اختيار مواد البناء :

أن اختيار مواد البناء فى مشاريع الإسكان العادية ليست بالأهمية كما هى مشاريع الإسكان الذاتى الموجه . فطبيعة هذه المشاريع تلزمنا بالتدقيق فى اختيار مواد البناء التى يمكن أن تحقق وفراً من ناحية التكاليف والتشغيل والوقت .

وقد يجد المهندس نفسه فى بعض الأحيان مضطراً لاستخدام مواد معينة تتوفر محلياً ويصعب عليه أن يستحيل الحصول على غيرها وفى أحيان أخرى تتعدد وتنوع أمامه الخامات المختلفة حتى أنه يجد صعوبة فى اختيار المواد التى يرغب فى استعمالها .

وتفضيلنا لمادة عن أخرى يجب أن يكون مبنياً على إمكان توفر هذه الحامة محلياً بأسعار معقولة ومدى فاعلية استخدامها من حيث قوتها وخواصها وطريقة استعمالها .

ومن واجبنا أن نستعرض جميع الخامات وإلا تنبذ الخامات التقليدية القديمة فربما باستعمال وسائل فنية مستحدثة لتثبيت التربة بالبيتومين أو الأسمنت مثلاً أو معالجة الأخشاب

وسرعة العمل واستخدام الخامات المتوفرة محلياً مع جودة الإنتاج .

وتعتمد الطرق المختلفة للإنشاء إلى حد كبير على الظروف المحلية وقدرة الناس على القيام بهذه الطرق فربما نجد أن الناس في منطقة ما ليست لهم دراية فنية بأى طريقة من طرق الإنشاء يقتضى الحال أن نبتكر طريقة غاية في البساطة والبداية ليمكن أن يمارسها هؤلاء في حين أننا نجد في بعض المجتمعات حيث تنعسر الثقافة والمعرفة نسبياً أن لديهم خبرة بواحد أو بأكثر من طرق الإنشاء أو أن لديهم المقدرة استيعاب على طرق جديدة للإنشاء .

ونعود فنكرر أن اختيار طريقة البناء وتبسيطها إلى أقصى حد ممكن عامل كبير في نجاح التطبيق العملي للمشروع .

وأخيراً وبعد أن استعرضنا وسيلة من وسائل النهوض بالإسكان لا يفوتني أن أقدم تقديري لفكرة عقد مؤتمر للدول الأفريقية والآسيوية لما يتيحه مثل هذا الاجتماع لإيجاد الحلول المختلفة وتبادلها بين الدول للرفع من شأن شعوبها وتحقيق النهوض الاقتصادى والاجتماعى للدول وأتمنى للمؤتمر التوفيق في أداء مهمته الجليلة التى يقدرها ولا شك كل فرد .

كمائياً يمكننا أن نستعمل الخامات التقليدية في شكل متطور .

وفكرة الإسكان الدائى الموجه يمكن أن تذهب إلى أبعد الحدود إذا أخذ المهندس في اعتباره إمكان تخفيض نفقات مواد البناء بالاعتماد على الأهالى مجمع وتخضير خامات محلية لاستعمالها في البناء مثل الأحجار والرمل والزلط والأخشاب الخ. أو يمكن تصنيع الخامات بطرق مبسطة مثل صناعة الطوب بمختلف أنواعه أو يمكن صب بلاطات خرسانية مسلحة يمكن استخدامها للأسقف . وهذه بعض النواحي التى يتسع فيها الابتكار وممارسة الحياة الإيجابية في المجتمعات الريفية ومن ناحية أخرى قد يجد المصمم أنه بشراء الخامات تجارياً ربما يحقق إنتاجاً أفضل بالرغم من زيادة التكاليف . والموازنة الواقعية في التكاليف وجودة العمل يجب أن يكون لها الاعتبار الأول في الاختيار ويجب على المصمم أيضاً أن ينظم استعمال مواد البناء لما لذلك من أهمية كبرى للحد من المهالك في الخامات وكسباً للوقت والجهد .

ثالثاً — اختيار طرق البناء :

تتنوع طرق الإنشاء بتنوع خامات البناء فكما تتعدد المواد للبناءية تتباين طرق الإنشاء كذلك ويتسع المجال للمهندس في هذا المضمار أن يطلق لخياله العنان في ابتكار وسائل جديدة فعالة لطرق الإنشاء ليتحقق فيها عنصر بساطة الإنشاء

حول سياسة نابتة للتعمير في القرية

للككتور المهندس علي بسيوني

ثابت للوصول إلى هذا العدد الهائل بدون تضحيات كبيرة غير ممكنة من حيث الأيدي العاملة والتكاليف .

فالمزمل المكون من حجرة معيشة بها فرن وحجرتان للنوم وحظيرة للمواشي مع حوش صغير كانت تكاليفه حوالي ٣٠٠ جنيه في المتوسط — فيكون المطلوب حوالي ٣٠٠ مليون جنيه لتنفيذ المليون منزل المطلوبة .

والسعر الحالي يعتبر منخفض نوعاً بالنسبة لأسعار المباني المصنوعة بنفس الطريقة ونفس المواد ، فالمساحة الكلية للبيت تبلغ ٦٠ متر فيكون سعر المتر حوالي ٥ جنيه ، وهذا يعتبر حد أدنى لسعر المباني بهذه الطريقة (سقف من الخرسانة ومباني من الطوب) .

وبما أن المستوى الذي وصلنا إليه لبيت الفلاح لا يمكن خفضه بالنسبة لاحتياجاته فيجب علينا أن نفكر في وجود حلول جديدة أخرى تعتمد على أسس جديدة في البناء للحصول على سعر أقل وسرعة التنفيذ بدون إرهاق ميزانية الدولة وأول ما يخطر لنا أنه ثابت أن الفلاح يبنى سنوياً حوالي ٥٠ ألف منزل أي أن هناك قوة هائلة يجب استغلالها وتوجيهها توجيهاً صحيحاً حتى يكون هذا الإنتاج الضخم مؤدياً للغرض .

ويوحى ذلك بتطبيق طريقة Castor وهي الطريقة المسماة نسبة للحيوان المعروف بهذا الاسم في المناطق الثلجية ومشهور ببناء مسكنه بواسطة مجموعات صغيرة منه .

وهذه الطريقة تعتمد على سكان القرية أنفسهم في بناء مساكنهم مع قليل من التمرين والنصائح الفنية التي تساعد على تحسين طريقة البناء — وقد نجحت هذه الطريقة في

من الطبيعي أن تكون مشكلة تعمير القرى من أهم المشاكل التي يجب إعطاؤها عناية خاصة في الوقت الحاضر فمناك ١٤ مليوناً يعيشون في وسط تنعدم فيهم مظاهر المدنية في أبسط صورها من بيت نظيف به الاحتياجات الضرورية لراحة الإنسان .

وبالطبع هذه الاحتياجات الضرورية تختلف في تقديرنا لها حسب الإمكانيات والمستوى المطلوب لنقل الفلاح إليه فالفرق كبير بين احتياجات الفلاح في أمريكا وإيطاليا مثلاً وعلينا أن نكون حريصين في هذا التقدير حتى يمكننا خدمة أكبر عدد ممكن من الشعب وبالتالي الحصول على أكبر إنتاج من جراء تحسين أحوال معيشتهم .

والسياسة التي سلكناها في تعمير القرى حتى الآن تعتبر ناجحة في حد ذاتها فقد أعطيت فكرة صحيحة عن الاحتياجات الضرورية للفلاح في مختلف المناطق والتكاليف الخاصة بذلك ولكن ثبت أنه من الصعب الاعتماد على نفس السياسة في تعمير القطر المصري كله .

فقد أتمت حتى الآن الهيئات الثلاث المختصة بهذا الموضوع وهي :

١ — الإصلاح الزراعي .

٢ — الهيئة المصرية الأمريكية لإصلاح الريف .

٣ — مديرية التحرير .

ما يقرب من ٧٠٠٠ منزل للفلاح في مدة خمس سنين تقريباً ، وإذا علمنا أن المطلوب لإنجازه يقرب من مليون بيت لسكان من المستحيل تطبيق نفس السياسة في عمل نظام

السويد أولاً ثم كندا وإنجلترا وألمانيا وروسيا ثم فرنسا حيث شاهدت أمثلة كثيرة نتيجة تطبيق هذه الطريقة في جنوب فرنسا دلت على مدى النجاح الكبير بأقل تكاليف ممكنة للمباني المنفذة بها .

وكان الوقت الذي يستغرقه بناء البيت الواحد حوالي مائة ساعة فبعملية حسابية بسيطة على أساس وقت الفراغ في يوم الفلاح العادي وهو أربع ساعات تقريباً نجد أنه من الممكن نظرياً لشخص واحد بناء البيت في حوالي خمسة أشهر تقريباً وعلى هذا يمكن لفرقة مكونة من ثلاثين شخصاً بناء ثلاثين بيتاً في مدة خمسة أشهر .

وعلياً أن نبحت في الطرق التي بواسطتها يمكن تبسيط عملية البناء بحيث تناسب الفلاح عندما حيث يمكن استغلال هذه القوة العاملة من الأيدي العاملة في بناء قرى المستقبل على ضوء النقاط التالية :

(أ) الانتفاع بالمواد المحلية في كل منطقة وتحويلها إلى مواد البناء سهلة الاستعمال .

(ب) عمل أبحاث على طريقة بناء بدائية كالتى يستعملها الفلاح لا تتطلب مهارة خاصة .

(ج) التبسيط في المساقط الأفقية بحيث تتمشى مع بساطة البناء ودراسة امتدادها مستقبلاً .

(د) عدم إهمال الطابع المحلي لكل منطقة حتى لا نحس بالملل من تكرار نموذج واحد من القرى عندما .

وعندئذ بقليل من الدعاية يمكننا اقناع أكبر عدد من الفلاحين بوجوب تحسين طريق معيشتهم وبناء بيوت لهم وتنظيم هذا العمل بتقسيمهم إلى وحدات اسكل وحدة رئيس عنده من الخبرة ما يساعد على سرعة سير العمل .

وفيما يلى شرح النقاط السابق ذكرها :

والانتفاع بالمواد المحلية في كل منطقة وتحويلها إلى مواد بناء سهلة الاستعمال لقد عملت أبحاث كثيرة في هذه النواحي وكانت النقاط الهامة في الدراسة هي :

(أ) تكاليف مواد البناء .

(ب) قوة التحميل والمتانة .

(ج) مدى الاحتياج إلى الصيانة العامة .

وقد أعطت الدراسة نتائج نعرض منها الآتى :

١ — تثبيت التربة بوضع نسب قليلة من الجير عليها وقد قام معهد أبحاث البناء بدراسة هذا الموضوع ووصل إلى النتائج التالية :

(أ) الجير مادة ضعيفة التماسك مع الطين ويصعب توزيعها في الطين إلا إذا كان في حالة جافة تماماً .

(ب) الجير مادة لا تساعد على عدم التحليل بالمياه .

ولهذا استبعد عمل طوب مثبت بالجير .

٢ — تثبيت التربة بخلطها بالمازوت أو الدباتول وقد قام معهد أبحاث البناء بدراسة هذا الموضوع ووجدت عدة مشاكل من ناحية صعوبة الاستعمال لعدم توفر آلات الكبس والخلط الميكانيكى في الريف .

٣ — تثبيت التربة بخلطها بنسب قليلة من الأسمنت .

وقد قام معهد أبحاث البناء بدراسة هذا الموضوع وأجريت تجارب في عمل أبحاث التربة بكلية الهندسة جامعة القاهرة وقد أعطت نتائج نلخصها فيما يلى :

عملت خلطتين كانت الأولى بها أسمنت بنسبة ٩٪ من الوزن الجاف للتربة والثانية بنسبة ٤ ١/٣ ٪ من الوزن الجاف للتربة وكان جهد الكسر للقوالب كما هو مبين في الجدول التالى :

نسبة الأسمنت	٩ ٪	٤ ١/٣ ٪
جهد الكسر بعد أسبوع ٦٦٢ كجم / سم ^٢ / ٤٦ ١/٣ كجم / سم ^٢		
جهد الكسر بعد أسبوع وبعد غمره في المياه لمدة ٢٤ ساعة		
٥٩ ١/٣ كجم / سم ^٢ / ٢٢٣ كجم / سم ^٢		
بعد مضي ٢٨ يوم ٨٥ كجم / سم ^٢		

٤ — عمل وحدات من مواد عضوية كحطب القطن ومصاصة القصب وغيرها ، تخلط بنسبة من الأسمنت والمادة الكيماوية المثبتة بحيث يعطى الخليط بعد تجفيفه قوة احتمال كبيرة في الشد والضغط وعزل الحرارة والصوت وتكون في نفس الوقت قابلة للاحتراق وتشكل هذه الوحدات بحيث تستعمل في الحوائط والأسقف وبطرق مختلفة تناسب الاستعمالات الكثيرة التي تتطلبها أعمال البناء .

وهذه المادة الكيماوية وقد عمل عليها أبحاث في الخارج على المواد المختلفة عندنا من الزراعة وقد أعطت النتائج الآتية :

المادة	الوزن السنوي	عزم الإنارة	ملاحظات
قش الأرز	٠٥٤٨	٨٤ كجم/سم ^٢	جيدة التماسك
حطب القطن	٠٥٧١	٩٤ كجم/سم ^٢	جيدة التماسك
مصاص القصب	٠٥١٨	٩٨ كجم/سم ^٢	جيدة التماسك

(ب) عمل أبحاث عن طريق بناء بدائية كالتى يستعملها الفلاح :

من الطبيعي عند استنباط مادة جديدة يجب أن تكون طريقة استعمالها سهلة بحيث يمكن للفلاح بشيء من التمرين أن تقوم بها بدون أن تتطلب مهارة خاصة ، كذلك لا تضطره باستعمال شدة لا يستعملها بعد إنهاء العمل في مسكنه ولو أنه يمكن في أحوال كثيرة التعاون على ثمن الشدة الخشبية واستعمالها في أكثر من مسكن ولما كان يفضل بالطبع أن تكون طريقة البناء سهلة لا يستعمل فيها إلا العمال الزراعيين ، وقد جرت عادة الفلاحين على الاستعانة بالفنيين مثل النجار عند الانتهاء من بناء مسكن — وفي العادة يكون النجار من النوع الذى يقوم باصلاح السواقي والأدوات الزراعية وعلى هذا الأساس تكون الأبواب والشبابيك المصنوعة بسيطة أغلبها تجمع بطريقة بدائية .

وبالطبع عند إدخال الكهرباء والمياه والحجارى لكل مسكن سيكون من الطبيعي الاستعانة بكهربائى وعامل صحى

وعلى ضوء هذه التجارب قررت اللجنة التى كانت قائمة بالبحث بأن يشكل الطوب بقوالب يدوية وأن تكون نسبة الأسمنت حوالى ٩٪ وكانت الكثافة للمخلوط حوالى ١٧٢٠ طن/م^٣ ، ويجب تدريب العمال الزراعيين على طريقة خلط الأسمنت بالتربة على الناشف وطريقة الكبس بالمدقة الحديد وكذلك على نشر الطوب على الوجهين حتى يحصل على الصلابة المطلوبة .

وكانت تكاليف الألف طوبة هي :

٠١٥٠	ثمن المتر المكعب تراب	مليم جنيه
٠٥٠٠	مصنعية ضرب الطوب / م ^٣	
١٩٠٠	أسمنت ١٥٠ كجم	
١٥٥٠	الجملة	

وهذه الكمية تعطى حوالى ٤٠٠ طوبة وعلى ذلك تكون تكاليف الـ ١٠٠٠ طوبة هي

$$ج ٣٨٧٥ = \frac{١٠٠٠ \times ١٥٥٠}{٤٠٠}$$

ويلاحظ أن هذا السعر مرتفع بالنسبة للطوب العادى حيث أن الألف تصل إلى مكان العمل بحوالى ٤٠ جنيه .

وبالطبع في حالة استعماله على نطاق واسع يمكن حذف مصنعية العمال على أساس أن الفلاحين سيقومون ببناء مساكنهم ، وعلى ذلك يصل السعر إلى ٣٥٧٥ ج م .

وعلى العموم هذا النوع من الطوب لا يغير كثيراً في طريقة البناء الحالية وسيحتاج إلى سقف من الخرسانة صعب التنفيذ بالوسائل البدائية .

وفي المناطق الصحراوية والتي تتوفر فيها التربة لا يمكن استعماله لصعوبة النقل وخلافه وعلى ذلك فتمت ببحث إمكان استعمال المواد العضوية الخفيفة وتشبيتها بنسبة قليلة من الأسمنت وبعض المواد الكيماوية لتفى بالغرض ، وفيما يلي نتيجة هذا البحث .

وعندنا مناطق كثيرة تختلف فيها هذه العناصر اختلافاً كبيراً فمثلاً منطقة النوبة وأسوان تختلف فيها طبيعة التربة والمناخ والتقاليد عن منطقة شمال الدلتا . ومحتاج الأمر إلى عمل دراسة من واقع الطبيعة واستخلاص العناصر الحقيقية التي سنستند إليها في احترام الطابع المحلي لكل منطقة .

وفي أثناء عملي بالهيئة المصرية الأمريكية لإصلاح الريف قمت بعدة محاولات لمسكن الفلاح في القرى الحديثة التي أنشأتها الهيئة في أبيس بجوار بحيرة المنزلة وفي منطقة قونه بجوار الفيوم .

وأغلب هذه المحاولات من دور واحد حيث أن المشرفين الاجتماعيين في هذا الوقت لم يشجعوا المساكن من دورين على أساس رغبة الفلاح في أن ينام قريباً من الزريبة ليشعر بكل حركة تحدث بها ، ولو أن احتمال سرقة الماشية الآن أصبح قليلاً إلا أن هذا الاعتقاد ما زال يؤثر كثيراً على التصميمات الخاصة بمسكن الفلاح .

وهناك بعض حلول يكون فيها امتداد المسكن في حالة زيادة حجرات النوم في الدور الأول ولكنها ليست شائعة في التصميمات المعمول بها حتى الآن .

وكان المهم أيضاً في هذه الحلول أن تكون المسافة المبينة أقل ما يمكن أي في حدود ٥٠ متر تقريباً .

وقد قسمت هذه المساحة إلى ثلاث مناطق :

١ — منطقة العيشة والفرن .

٢ — منطقة النوم .

٣ — نوم الحيوان (الزريبة) .

ويتوسط هذه المناطق حوش سماوى للتهوية وللإستعمال اليومي وهذا البحث يعطينا فكرة مبدئية عن المشاكل التي تواجه تعمير القرى عندنا وقد حان الوقت لتجميع الجهود حتى نصل إلى حلول تمكننا من القضاء على أكبر مشكلة تواجهنا في الوقت الحاضر .

ولكن المشكلة تنحصر الآن في عمل منزل على تخطيط سليم يناسب الحياة التي يعيشها الفلاح الآن مع عمل الاحتياجات الضرورية من ناحية الصحة والأمن .

وعلى ذلك كلما كبرت الوحدات الخاصة بالبناء وخفت في الوزن كان من السهل استعمالها وعمل الرباط اللازم لتقويتها ، وهذا الاتجاه يجعلنا نصل إلى عمل وحدات من المواد العضوية الخفيفة التي يمكن تثبيتها بالأسمت والمادة الكيماوية والتي في نفس الوقت يمكن قطعها بالنشار أو البلمطة إذا احتاج الأمر .

ومع عمل التوازن في التكاليف يمكن الوصول إلى حلول رخيصة لا ترهق الميزانية وفي آخر هذا البحث مرفق مقارنة لتكاليف البناء بالطريقة العادية (خرسانة وطوب) والطريقة المقترحة .

(ج) التبسيط في المساقط الأفقية بحيث تمشي مع بساطة البناء :

من الواضح أنه إذا كان المسقط الأفقي مبسطاً في تخطيطه كان من السهل توقيعه وفهمه بالنسبة للفلاح . بالطبع سيحتاج الأمر لعمل نماذج مصغرة لبيت الفلاح المناسب للمنطقة بحيث يمكن للشخص العادي فهمه .

وبطبيعة الحال كلما زاد التبسيط في المساقط كلما قلت مشاكل التنفيذ . والمشكلة الرئيسية هي تنفيذ الأسقف وكل ما كان بحر التسقيف صغيراً قلت صعوبة التنفيذ . وعلى هذا فيمكننا الوصول إلى مسقط أفقي يكون فيه البحر يتراوح بين ٢ ونصف إلى ٣ متر وتبين المساقط الأفقية لنموذج رقم ٤ هذا الاتجاه .

(د) عدم إهمال الطابع المحلي لكل منطقة .

يتأثر الطابع المحلي لمنطقة عن أخرى بالمؤثرات الآتية :

١ — طبيعة التربة والمواد المتوفرة بالمنطقة .

٢ — المناخ .

٣ — التقاليد .

تقرير

عن طريقة البناء باستعمال وحدات ديريول

تملاً بالخرسانة مع وضع تسليح خفيف في الأركان والأطراف كما هو مبين بالشكل .

مقدمة :

وتكون الحوائط في هذه الحالة بمثابة حوائط حاملة جيدة التماسك سريعة التنفيذ تأخذ ضغطاً عالية هذا فضلاً عن مقاومتها للحريق وعزلها الجيد للحرارة والصوت .

والبيانات التالية تعطينا فكرة عن هذه المميزات :

سمك الحائط ١٥ سم ٢٠ سم ٢٥ سم ٣٠ سم

الاحتمال المسموح في (٥٧ طن/م ١٤٩ طن/م ٢٦٨ طن/م)
التر الطولي (٢٢ طن/م ٤١٦ طن/م)

معامل التوصيل الحراري ك ١١٣ ٩٣ ٨٢ ٧٩

عزل الصوت د ٤٢ ٥٢ ٥٤ ٥٢

(ب) الأسقف:

تستعمل وحدات مفرغة مشابهاة لسقف خلاط مصنوع من نفس المواد السابقة ولكن بأطوال كبيرة بحيث توفر كثيراً في الشدة الخشبية وتسهل التنفيذ بقدر كبير .

التكاليف :

من السهل بالطبع أن تكون تكاليف البناء بهذه الطريقة في حدود ميزانيتنا من ناحية المواد والاقتصاد .

وقد قام المكتب بعمل مقارنة بين تكاليف البناء لمبنى من ثلاثة أدوار بالطريقة القديمة (خرسانة مسلحة وحشو طوب) والطريقة الجديدة « ديريول » فجاءت النتائج بها وفر يتراوح بين ١٠،٥ ٪ - هذا فضلاً عن المميزات الآتية :

تتلخص هذه الطريقة باستعمال قوالب تعد بالمصنع تركيب من مواد عضوية كحطب القطن ومصاص القصب وغيرها تخلط بنسبة من الأسمنت والمادة الكيميائية المثبتة بحيث يعطى الخليط بعد تجفيفه قوة احتمال كبيرة في الشد والضغط وعزل للحرارة والصوت وتكون في نفس الوقت غير قابلة للاحتراق .

وتشكل هذه القوالب بحيث تستعمل في الحائط والأسقف وبطرق مختلفة تناسب الاستعمال الكثيرة التي تتطلبها أعمال البناء .

وقد قامت شركة دوريزل بتجربة إنتاج هذه القوالب في الجمهورية العربية المتحدة وقامت بأبحاث لاختبار المواد المحلية التي يمكن أن تدخل في تركيب هذه القوالب وفيما يلي بعض النتائج لهذه الأبحاث :

المادة	الوزن النوعي عزم الانحناء	ملاحظة
	كجم/سم ^٢	
قش الأرز	٥٤٨ ر	٨٤٠
حطب القطن	٥٧١ ر	٩٤٠
مصاصة القصب	٥١٨ ر	٩٨٠

طريقة الاستعمال :

(١) الحوائط :

تصنع القوالب الخاصة بالحوائط بأسمك تتراوح من ١٥ سم إلى ٣٠ سم بحيث عند تجمعها تكون فراغات رأسية

ويضاف إلى ذلك :

مليم جنيه

٠.٢٣٠

تكاليف تحضير الحطب

٠.٠٢٨

عمال

٠.٠٠٥

مياه

٠.٠٨٤

كهرباء

المجموع ٠.٤٣٧

فيكون مجموع تكاليف المتر المكعب من الخلوط =

٢ ج ٢ ج ٢ ج
١٨٦٥ + ٠.٤٣٧ - ٢٣٠.٢

والجدول التالي يبين تكاليف المتر المسطح من القوالب
للأسلاك المختلفة للحوائط على أساس تكاليف المتر المكعب
من الخلوط السابق ذكره .

١ - سرعة التنفيذ .

٢ - نقص وزن البناء إلى النصف تقريباً مما يوفر في
تكاليف الهيكل والأساسات .

٣ - المميزات الهائلة في عزل الحرارة والصوت .

وقد رت تكاليف صنع القوالب على الآتى :

يتكون المتر المكعب من الديرزول كالآتى :

مليم جنيه

٠.١٦ طن من حطب القطن بسعر ٠.١٦٠

٠.٢٣٥ طن أسمنت بسعر ٠.٦٢٥

كياويات بسعر ٠.٠٨٠

المجموع ١.٨٦٥

تكاليف القوالب المفرغة :

المتر المسطح يحتوى على ٣ م من الخلوط
سعر الخلوط في المتر المسطح على أساس ٢٣٠.٢ ج للمتر المكعب
عمال على أساس ٣٢ ساعة للمتر المكعب وسعر العامل ٧٠ مليم في الساعة

المجموع

احتمال الكسر في القوالب بنسبة ٤٪

المجموع

يضاف ٥٠٪ للاستهلاك والأرباح

فيكون سعر المصنع للمتر المسطح حوالى

تكاليف البناء تضاف كالآتى :

نقل القوالب

عمال

خرسانة لزوم المتر المسطح على أساس ٢٥٠٠ ج للمتر

تسليح للمتر المسطح على أساس ٧٠٠٠ ج للطن

المجموع الكلى

فيكون تكاليف بناء المتر المسطح للحوائط كالآتى :

تكاليف القوالب

تكاليف المصنعية

المجموع

أى حوالى

سمك ٣٠ سم مليم جنيه	سمك ٢٥ سم مليم جنيه	سمك ٢٠ سم مليم جنيه	سمك ١٥ سم مليم جنيه
٠.١٣٠	٠.١٢٠	٠.١٠٠	٠.٠٧٥
٠.٢٩٩	٠.٢٧٦	٠.٢٣٠	٠.١٧٣
٠.٠٢٩	٠.٠٢٧	٠.٠٢٢	٠.٠١٧
٠.٣٢٨	٠.٣٠٣	٠.٢٥٢	٠.١٩٠
٠.٠١٣	٠.٠١٢	٠.٠١٠	٠.٠٠٨
٠.٣٤١	٠.٣١٥	٠.٢٩٢	٠.١٩٨
٠.١٧٠	٠.١٥٧	٠.١٣١	٠.٠٩٩
٠.٥٠٠	٠.٤٥٠	٠.٤٠٠	٠.٣٠٠
٠.٠٥٢	٠.٠٤٥	٠.٠٤٠	٠.٠٣٠
٠.١٧٠	٠.١٧٠	٠.١٧٠	٠.١٧٠
٠.٤٢٥	٠.٣٢٥	٠.٢٥٠	٠.١٨٨
٠.٠٢١	٠.٠٢١	٠.٠٢١	٠.٠٢١
٠.٦٦٨	٠.٥٥١	٠.٤٨١	٠.٤٠٩
٠.٥٠٠	٠.٤٥٠	٠.٤٠٠	٠.٣٠٠
٠.٦٦٨	٠.٥٥١	٠.٤٨١	٠.٤٠٩
١.١٦٨	١.٠٠١	٠.٨٨١	٠.٧٠٩
١.٠٢٠	١.٠٠٠	٠.٩٠٠	٠.٧٥٠

وعلى أساس هذه الأسعار درست المقارنة السالفة الذكر لمبنى مكون من ثلاثة أدوار .

وفيما يلي طريقة المقارنة :

الطريقة الجديدة

الطريقة القديمة

هيكل خرسانى وطرب حديد
حوائط ديريزول سمك ٢٠ سم
محمل عليها سقف خرسانة .

مكعب خرسانة الأسقف ٨٣٠ م^٣ مكعب خرسانة الأسقف ٨٣٠ م^٣

مكعب خرسانة الأعمدة والكمرات ٤٧٠ م^٣ مجموع مسطح الحوائط ٣١٠٧٧٠ م^٢

$$\begin{array}{r} ٩٠ \text{ م}^٣ \\ ١٣٩٠ \text{ م}^٣ \end{array}$$

أعتاب

الحوائط :

مجموع مسطح الحوائط ١٠٧٧٠ م^٢
فتكون التكاليف كالآتى على أساس المتر المكعب من الخرسانة المسلحة يتكلف حوالى ١٠ جنيه و ٢٠ ملليم . والقواطع سمك ١٢ سم طوب حوالى ٥٥ مليا .

الطريقة القديمة :

الخرسانة ١٣٩ × ١٠٢٠ = ٥٤١٧٨٠٠ جنيه
الطوب ١٠٧٧ × ٠٥٥ = ٥٩٢٣٥٠ جنيه
المجموع ٢٠١٠١٥٠

الطريقة الجديدة :

الخرسانة ٨٣ × ١٠٢٠ = ٨٤٦٦٠٠
حوائط الديريزول سمك ٢٠ سم ٦٠٧٧ × ٩٠ = ٩٦٩٣٠٠
١٨١٥٩٠

فيكون الوفرة حوالى ١٩٥ أى حوالى ١٠٪ .

فأدخلنا فى الاعتبار الميزات التى تتوافر فى البناء بالديريزول وأهمها :

١ — السرعة فى إنجاز البناء .

٢ — عزل الحرارة والبرودة ومقاومتها للرطوبة وردائها فى توصيل الصوت وقوة احتمالها وعدم قابليتها للاحتراق وعدم تأثير الديريزول بالرطوبة والحرارة والسخونة .

٣ — خفة وزن الطوبة ومكان تشكيلها فى المصنع ، وكذلك إمكان تقطيعها فى الموقع بالمنشار .

فإنه يتضح أن البناء بطريقة الديريزول يتميز فى عدد من النواحي عن البناء بالطريقة العادية علاوة على أنه سوف يكون عاملاً أساسياً فى تطوير البناء عندما يقل الطمى الذى يستخدم فى صناعة الطوب .

تطور القرية المصرية والبيت الريفي

للمهندسين محمد كامل زيتون
د د صدر محمد زكي لبيب
د د محمد صدر لبيب صباب

مقدمة :

نشأت القرية المصرية بفعل الحاجة إلى تجمع سكني حول مصادر المياه في الوادي وفي الدلتا ، ثم بدأت تنمو على خطة مدروسة . . تنمو في عدد سكانها وكذلك في عدد وحداتها السكنية . . في الوقت الذي ثبتت فيه في أكثر الأحوال حدود الكتلة السكنية بها ، وهكذا زادت نسبة الاكتظاظ زيادة كبيرة تسبب عنها ما وصلت إليه القرية من انخفاض في مستوى الدخل والمعيشة .

والبيت الريفي - وحدة القرية - ظل كما هو من حيث وحداته التخطيطية والبنائية لم يتطور التطور الطبيعي للحياة لأن الظروف المحيطة بساكنة لم تتطور هي الأخرى التطور الطبيعي وحكم جموده المستوى المنخفض لمعيشة سكان الريف وعدم الثقة بينهم وبين الحكام السابقين مما جعل نظرتهم دائماً إلى التطور نظرة شك ممزوجة بالحرص على القديم في مجتمع امتدت حياته ثمانية آلاف السنين فامتاز بالقدم والاستمرار مع عدم الميل إلى التطور .

ولقد ظهرت منذ العشرات الأولى في هذا القرن بعض المحاولات لإصلاح القرية ظهر منها أن الإصلاح الاقتصادي بارتفاع مستوى الدخل للفلاح هو الأساس لارتفاع مستوى معيشته مما سيؤدي بالتالي إلى تغير مظاهر حياته مبتدئاً بمسكنه . .

وتبلورت أخيراً هذه المحاولات بعد الثورة في قوانين الإصلاح الزراعي التي كان آخرها قوانين يوليو الاشتراكية . . مما سيسير بالفلاح ومسكنه وبالقرية كلها خطوات مطمئنة واثقة إلى الأمام .

البيت الريفي التقليدي :

البيت الريفي التقليدي في صورته الغالبة بناء الفلاح بطريقته البدائية ليلائم وظائفه المعيشة متفقاً مع تقاليده الموروثة ، يأوي إليه مع ماشيته التي تمثل الجزء الأكبر من رأس ماله . . بناء بهذه الطريقة البدائية من المواد التي يجدها قرية منه دون معالجة تذكر لها . . .

نجد أن هذا البيت يتكون من الأقسام الرئيسية الثلاثة الآتية :

١ - قسم السكر والخدمة :

يتكون عادة من حجرة أو أكثر (المندرة والقاعة والمقعد) أمامها حوش صغير يستعمل في جميع الأعمال اليومية بالسكن من طبخ وغسل - كما يوجد به مكان لتربية الدواجن ويوجد في أغلب الأحيان فرنان واحد بالحوش والآخر في إحدى الغرف حيث يستعمل في تدفئة الحجرة ويستغل ظهره كمصطبة للنوم فوقه مدة الشتاء ، وهذه الغرف تشترك في صغرفتها الخارجية التي تكاد تكون معدومة في الوجه القبلي حيث تكون الفتحات الرئيسية على الحوش .

٢ - قسم الحظيرة :

وهو القسم الخاص بالمواشي وغالباً يكون بعيداً عن الحوائط لحمايته - والحظيرة دائماً مغطاة وبها مذود يوضع فيه طعام المواشي ونجد قريباً من الحظيرة الثانية حيث يقوم الفلاح بتخزين التبن وعلف المواشي بعد تجفيفه فوق سطح المسكن أو في الحوش ، وشعور الفلاح بالخوف الدائم على المواشي جعل هذا الجزء أقرب ما يكون للجزء السكني .

٣ - قسم التخزين :

طبيعة نظام حياة الفلاح أملت عليه ضرورة خزن المواد الغذائية الكافية له من كل محصول كما أنه يقوم أيضاً بتخزين مخلفات الزراعة بعد تجفيفها لاستعمالها كوقود ولهذا نراه دائماً يقطع جزءاً من الحوش أو من السطح لوضع صوامع القمح التي يبنونها من الطين المزوج بالتبن كما يستعمل الغرف أيضاً في تخزين المواد الغذائية وفي الواقع أن مخازن الوقود التي تتحول بحكم تجاوزها فوق الأسطح إلى مخزن كبير للوقود الجاف فوق القرية كلها قابل للاشتعال في أي لحظة تستحق الدراسة والعناية لدرء أخطار الحريق التي تسببت في كثير من السكوارث .

والإصلاح الجذري للقرية مبتدئاً بالبيت الريفي الذي يمثل وحدتها ليس يسير للحالة العامة التي وصل إليها هذا البيت خجاجة إذا علمنا أن عدد القرى المصرية يبلغ ٤٢٤٥

قرية خلاف مايتبعها من عزب ونجوع تبلغ حوالى عشرين ألف عزبة ونجع .

وقد قامت وزارة الشؤون الاجتماعية (مصلحة الفلاح) في عام ١٩٥٣ بعمل بحث إحصائي في أربع قرى هي منجرج (مركز منوف) الرابعاية (مركز منيا القمح) ترسا (مركز طوخ - نجع القارة) (مركز أدفو) ويتضح أن نتائج هذه الدراسة تعطي صورة قريبة من واقع القرية المصرية قبل الثورة وتتخلص نتائج هذه الدراسة في الآتي :

* كثافة السكان ١٩٥ فرد للفدان الواحد .

* متوسط عدد السكان لكل منزل ٥.٨ فرد .

* متوسط عدد الأفراد لكل غرفة ٢.٢ فرد .

* مساحة الشوارع والميادين بالنسبة إلى مساحة القرية ١٤٩١ ٪ .

صورة تحليلية للبيت الريفي

المساحة :

٣٠٪ من مجموع المنازل أقل من ٢٥٠ م^٢

٤٤٣٪ من ٥٠ إلى ١٠٠ م^٢

١٥٤٪ من ١٠٠ إلى ١٥٠ م^٢

١٠٣٪ أكثر من ١٥٠ م^٢

عدد الأدوار :

٦٤٥٪ من المنازل مكون من دور واحد

٣٥٪ مكون من دورين (والدور العلوى غالباً من

غرفة واحدة

٤٠٠٪ مكون من ثلاث أدوار

١٠٠٪ مكون من أكثر من ثلاثة أدوار

عدد الغرف في المنازل :

١٢.٠٪	من المنازل مكون من غرفة واحدة
٣٧.٠٪	» » » غرفتين
٢٥.٠٪	» » » ثلاثة غرف
١٥.٠٪	» » » أربعة غرف
٣.٨٪	» » » خمسة غرف
٣.٤٪	» » » ستة غرف
٣.٨٪	» » » أكثر من ستة غرف

مواد البناء :

٨٧.٩٪	من المنازل حوائطها بالطوب الأخضر
٩.٠٪	» » » الأحمر
٢.٦٪	» » » بوص ولياسة
٠.٥٪	» » » مواد أخرى

الأسقف :

٠.٦٪	بدون سقف
٣.٦٪	من جذع النخل
٧.٥٪	من عروق خشبية وألواح
٨٨.٣٪	من عروق (جذع شجرة) وسدة ولياسة

المرافق الضرورية للمنزل :

٣.٤٪	من مجموع المنازل بها حمام
٤.٤٪	» » » مطبخ
٣٧.٥٪	» » » مرحاض

كما يظهر لنا بصورة واضحة أن الأرضيات بالبيت الريفي تكون غالباً دهاكة ترابية .

وفي الصفحات التالية بعض نماذج من البيوت الريفية بالقرية المصرية تمثل إلى حد كبير صورة البيت الريفي التقليدي .

مخططات إصلاح البيت الريفي :

كانت المحاولات الأولى تهدف إلى رفع مستوى دخل

الفلاح بتوسعة الرقعة الزراعية في المحاولات متكررة استتبع معها عمليات تهجير لإسكان متنفعين جدد وتطورت هذه المحاولات كما ذكر في المقدمة إلى قوانين الإصلاح الزراعي التي وزعت الأراضي على العاملين بها ، وهكذا نشأت في كثير من الأحيان تجمعات سكنية جديدة كانت فرصة لإيجاد بعض الحلول للبيت الريفي في صورة جديدة كاملة .

وكان لما أصاب بعض القرى من كوارث كاستساح حشدة النمل الأبيض لها وتهدم معظم منازلها ، أو التهام بعض القرى بسبب الحريق ، كان كل ذلك سبباً لإعادة تخطيط هذه القرى وبناءها بصورة جديدة من وحدات جديدة وعلى ذلك يمكن تلخيص خطوات إصلاح البيت الريفي على النحو التالي :

أولاً : مساكن بنيت نتيجة كوارث حلت ببعض القرى القديمة كالنمل الأبيض (نجع الحجاز) أو كالحريق (صهرجت الصغرى) .

ثانياً : مساكن بنيت في تجمعات جديدة نتيجة عمليات إسكان في أراض زراعية استجذبت أو وزعت ، ولإسكان العمال الزراعيين .

أولاً — مساكن القرى المنكوبة :

من الأمثلة الواضحة ما حدث في قرية نجع الحجاز مركز المنيا — محافظة المنيا — وكانت تتكون من ٩١ منزلاً أغلبها من دور واحد يسكنها ٥٨١ نسمة يكونون ٩٢ أسرة ، حتى ظهرت بها الحشرة القارضة (النمل الأبيض) سنة ١٩٥٥ وتوغلت حتى أتت على كل النجع سنة ١٩٥٦ حيث أن هذه الحشرة تتغذى على المواد العضوية — خاصة السيليز — فتسببت في تلف العروق الخشبية والألواح وجذوع النخل المستعمل في أسقف المنازل وأعتاب الفتحات مما أدى إلى انهيارها ، هذا بخلاف التهام الحشرة للتبن والساس المستعمل في الطوب الأخضر بالحوائط .

وقامت الإدارة العامة للتخطيط والإسكان بدراسة حالة القرية ورؤى عدم جدوى إصلاح المنازل المنهارة

قامت الإدارة العامة للتخطيط والإسكان بمعاونة القرية ودراسة إعادة بنائها .

تقرر بناء ٢٠٠ مسكن ريفي جديد من نموذجين على أن يبدأ ببناء الجزء السكني الذي يتكون من حجرتين ، وذلك كايواء سريع للمتكوبين أما الجزء الخلفي الذي يتكون من الحظيرة والتبانة والفرن والحمام والمرحاض فيقوم الأهالي باستكمالها طبقاً للتصميمات الموضوعة .

حوائط المنازل من الطوب الأحمر ١٢ طوبة على أساس من الخرسانة العادية والأسقف من الخرسانة المسلحة .

بلغت تكاليف بناء الجزء الأمامي ٢١ ألف جنيه بواقع ١٠٥ جنيه للسكن الواحد .

ثانياً — مساكن بنيت في تجمعات جديدة نتيجة عمليات إسكان في أرض زراعية استجبت أو وزعت أو لإسكان العمال الزراعيين .

قامت عدة هيئات ببناء مساكن ريفية للغرض السابق وفيما يلي موجز لما قامت به بعض هذه الهيئات .

١ — مصلحة الأملاك :

قامت ببناء مساكن لغرضين :

الأول : إسكان العمال الزراعيين . . وهؤلاء غالباً لا يملكون ماشية أو آلات زراعية ولا يحتزنون إلا مايكفي لمؤوتهم لمدة قصيرة .

الثاني : إسكان صغار الملاحين الذين تملكهم الحكومة أرضاً زراعية وبيوت هذه الفئة تمثل البيت الريفي التقليدي .

ولقد أنشئت هذه التجمعات الأخيرة لإسكان منتفعين جدد وزعت عليهم أرض زراعية بمعدل حوالي خمسة أفدنة للأسرة . وقد بلغ عدد هذه التجمعات عشر بنيت على ثلاثة مشاريع :

المشروع الأول : سنة ١٩٤٧/٤٦

يتكون من أربع قرى بتفتيش كفر سعد .

وضرورة نقل القرية من موقعها السابق في الجبل إلى موقع بعيد بجوار جسر طراد النيل خوفاً من انتقال الحشرة إلى المواقع الجديد .

وتم تنفيذ القرية الجديدة من ١٢٧ مسكن من أربعة نماذج مختلفة .

نموذج ١ — ونفذ منه ٤٠ منزلاً يتكون من حجرة واحدة ودورة مياه وفرن وحظيرة للمواشي ومسطحة ٢٩٠ م^٢ وقد بلغت تكاليفه ٢٨٨ جنيه و ٢٠٤ مليماً .

نموذج ٢ — نفذ منه ٢٤ منزلاً ويتكون من حجرتين ودورة مياه وفرن وحظيرة للمواشي ومسطحة ٢٩٠ م^٢ وقد بلغت تكاليفه ٢٧٩ جنيهاً و ٢٨٥ مليماً .

نموذج ٣ — نفذ منه ١٨ منزلاً ويمثل النموذج السابق مع اختلاف أبعاد الغرف وبلغت تكاليفه ٢٨٠ جنيهاً و ٢٩٥ مليماً .

نموذج ٤ — نفذ منه ٤٥ منزلاً ويتكون من غرفتين ودورة مياه وحظيرة للمواشي ومسطحة ٢١٣٥ م^٢ وبلغت تكاليفه ٣١٩ جنيهاً و ٤٢٣ مليماً .

ولقرب هذه المنطقة من الجبل بنيت الحوائط من الدبش — وعملت الأسقف من الخرسانة المسلحة ، ودهنت النجارة بالكيريوزد لحمايتها من حشرة النمل الأبيض .

وقد وزعت منازل القرية الجديدة على أهالي القرية المنكوبة نظير قسط تملك يتراوح بين ١٢ جنيه و ١٦ جنيه سنوياً لمدة عشرين عاماً .

وبلغت تكاليف إنشاء هذه القرية حوالي ٣٦ ألف جنيه بما في ذلك ثمن الأرض ، وتوصيل المياه للقرية .

ومن القرى التي نكبت بالحريق قرية صهرجت الصغرى مركز أجا — محافظة الدقهلية .

نكبت القرية بالحريق في أوائل عام ١٩٥٤ ودمر أكثر من ٣٠٠ مسكناً .

توزيع الأسر بالنسبة للمنازل .

سنة ١٩٥٩	سنة ١٩٤٩	
١١	٧٥	أسرة واحدة
٣٣	١١	أسرتان
٢٨	٣	ثلاث أسر
١٨	—	أكثر من ثلاث أسر
٨٩	٨٩	الجملة

وكان نتيجة لذلك أن تغيرات المنازل من الداخل والخارج بحيث تكفي الزيادة الكبيرة في عدد الأسر الزوجية والمواشي وأمكن حصر التعديلات والإضافات كما يلي :

٩٥ ٪ تم تعديل أحواشها الداخلية بإضافة غرفة سكنية جديدة .

٨٤ ٪ تم تعديل الحظائر بها .

٨٠ ٪ تم تعديل عدد حجراتها بالزيادة .

٥٥ ٪ تم تعديل عدد أدوارها بإضافة دور علوى .

فإذا علمنا أن سكان هذه القرية تسلموا أرضاً مستصلحة حديثاً عام ١٩٤٩م وتسلموا البيت ومعه مؤونة تكفي ستة شهور وبقرة وحمار نرى كيف تطورت إمكانياتهم في عشر سنوات بعد أن استصلحت الأرض وانتجت غلتها بما رفع مستوى دخولهم ومعيشتهم .

التفاتيش الزراعي بوزارة الأوقاف :

قامت هذه التفاتيش ببناء مساكن للإقلاحين في تفاتيشها، وكل النماذج التي بنتها الوزارة من الطوب الأحمر والخرسانة المسلحة .

ما بعد الثورة :

كان انعكاس قانون تحديد الملكية الزراعية عند بداية الثورة وتوزيع كبار الإقطاعيات على العاملين بها ، مع هدف تحويل الأجراء إلى ملاك ، هذا عدا الهدف الأكبر من توسيع رقعة الأرض المزروعة لاستيعاب الزيادة المنتظرة في سكان الريف من العاملين في قطاع الزراعة . كان

يتكون البيت من جبرتين وحوش سماوى وحظيرة ومتبنة ومرحاض كما يوجد في إحدى الحجرتين مصطبة من الداخل عبارة عن فرن فتحته من الخارج ، وتركت مساحة بالحوش لبناء غرفة مستقبلاً .

عملت أساسات المنازل من الخرسانة والحوائط من الطوب الأحمر والأسقف من الخرسانة المسلحة .

المشروع الثانى : ١٩٥٠/٤٩ : بتفتيش كفر سعد

يتكون من أربع قرى مشابهاً لقرى المشروع الأول ولو أن مساحة المسكن شغلت في هذا المشروع ٢م^٢ بدلاً من ١٣٠ م^٢ واستغنى عن التبانة .

يتكون البيت من نفس تكوين المسكن السابق .

عملت الأساسات من خرسانة كسر طوب والحوائط من الطوب الأحمر أما الأسقف فمن الخرسانة المسلحة .

المشروع الثالث ١٠٥٣/٥٢ بالاستامولى مركز بقاس :

يتكون من قريتين مع الشبه الكبير بين نماذج مساكنه والمشروع الثانى .

وبعد عشر سنوات من توزيع المشروع الثانى ١٩٤٩ قام معهد أبحاث البناء ببحث قرية المحمودية بتفتيش كفر سعد في يناير ١٩٥٩ من الناحية الاجتماعية والسكنية لمعرفة مدى التغير الذى طرأ على حياة السكان الاجتماعية والاقتصادية والسكنية ومدى تجاوب التصميمات للتعديلات اللازمة

وأمكن الحصول على البيانات الآتية :

زاد عدد السكان بنسبة حوالى ٥٠ ٪

» » الأسر الزوجية بنسبة ١٢٠ ٪

» » الحجرات ١١٥ ٪

» » المواشى ١٦٠ ٪

في الوقت الذى لم يزد فيه عدد المنازل بالقرية عن العدد الأصلى وهو ٨٩ منزلاً لم يزد عدد الحظائر بالقرية .

الحالة أن تكون المزارع في الناحية القبلية للمساكن حيث شارع الخدمة .

٥ — الغرفة : في المساكن التي لم تبني بها أفران قام السكان ببنائها تحت الجزء المسقوف من الحوش أما المساكن الموجودة بها أفران فكان يجب أن تكون بعيدة عن التيارات الهوائية شتاء (أيبس) .

٦ — لم تكن المساحات الخاصة بالحزين كافية .

٧ — طالب السكان بضرورة دراسة الفتحات بحيث تعطى الضوء وتكفل الحماية في فصل الشتاء .

٨ — لم يقبل السكان فكرة الأفران المجهزة أو الحظائر المجهزة .

مواد البناء وطرق التشييد :

يعتبر الطوب اللبن (الأخضر — والي) منذ القدم المادة التقليدية الرئيسية في تنفيذ مباني القرية المصرية ويصنع عادة من تربة الأراضي الزراعية ومن الطمي الذي يترسب بعد فيضان النيل على جوانب النهر والترع الرئيسية ، ويضاف إلى هذا الطين بعض المواد التي تساعد على زيادة قوة تماسك الطينة ويقلل من انكماش الطين أثناء الجفاف وأهم المواد التي تستعمل لهذا الغرض التبن والساس والرس وذلك بنسبة لا تزيد عن ٢٠٪ من حجم الطين المستعمل هذا وتساعد هذه المواد عند حرق الطوب التي للحصول على الطوب الأحمر على انتظام الحريق وتحمل الصدمات الحرارية داخل القمائن والأفران كما يزيد احتراق هذا المواد من مسامية الطوبة وتجفيف وزنها وتخشين سطحها الخارجي الذي يزيد من قوة تماسك مونة البناء أو البياض .

ويصنع الطوب بخلط الطين مع القش أو التبن وإضافة نسبة من الماء تتراوح ما بين ٣٠٪ و ٣٥٪ من وزن الطوبة ثم هرس الخليط بالفؤوس ودهكة بالأيدي والأقدام لتفكيك الكتل المتماصة ، وذلك للكميات الصغيرة ، وباستخدام الحبول والبغال في حالة الكميات الكبيرة . وتختلف مدة

انعكاس كل ذلك إيجاد حركة تعمير كبيرة في الريف في الوادي وعلى أطراف الوادي في الأراضي المستصلحة . . وفي شمال الدلتا في الأراضي المنخفضة ولقد قامت وزارة الإصلاح الزراعي بتنفيذ عدد كبير من هذه المساكن كما قامت هيئات أخرى بتنفيذ قرى يأكلها كما حدث في مديرية التحرير ، وما قامت به الهيئة المصرية الأمريكية لإصلاح الريف بأيبس بالإسكندرية وقوته بالفيوم .

وفيما يلي بعض النماذج التي تمت في المناطق المختلفة .

وكان لا بد أن تنشأ هذه المباني جميعها في فترة قصيرة حتى يتيسر إسكان المتفجرين والمهاجرين بأسرع ما يمكن .

وقام معهد أبحاث البناء بدراسة بعض مشاريع الإسكان الريفي المستجد تبين منها أن هناك بعض التعديلات التي أدخلها السكان على منازلهم حتى يتلائم مع إحساساتهم ووظائف حياتهم اليومية واحتياجاتهم المعيشة مما يجب أن يراعى في التصميمات المستقبلية حتى تتكامل استجابة السكان للمساكن القروية .

وفيما يلي موجز لنتائج هذه الدراسة التي تمت في مناطق :

إنشاص	الزعفران
أيبس	مديرية التحرير

١ — تسبب عدم وجود مساحات مسقوفة تكفي للخدمات اليومية في قيام السكان جميعاً بتسقيف جزء كبير من الحوش السماوي .

٢ — استعمال الفتحات الخارجية الغير محمية بالحظائر دعى السكان إلى إغلاقها كلية مهما كان توجيهها .

٣ — انخفاض الأسوار الخلفية للمنازل عن باقي مباني المنزل لم يعطى السكان إحساس الأمان لسكان قداموا بتعليقها من ٢.٥ متر إلى ٣ متر .

٤ — لم يستجيب السكان في منطقة الزعفران إلى شارع خلفي للخدمة وشارع أمام نظيف لسواء اختيار مكان الكتلة السكنية بالنسبة للمزارع الخياصة بالسكان إذ يجب في هذه

الخلط والتقليب « عملية التخمير » حسب نوع الطين وكمية المواد المضافة إليه ، وتظهر مهارة صانع الطوب في دراسة ومعرفة مدة التخمير للحصول على مخلوط يسهل به تشكيل الطوبة وتحسين خواصها وتقليل الهالك منه أثناء عملية التجفيف ثم الحريق .

ويجفف الطوب عادة في الهواء الطلق بالطرق الطبيعية وذلك لأن مناخ مصر قليل الأمطار معتدل الحرارة في معظم شهور السنة . غير أن هذه الطريقة من التجفيف لا تساعد في الحصول على أنواع جيدة من الطوب حيث أن لحرارة الشمس وسرعة الرياح وجفاف الجو آثار سيئة على الطوبة تساعد في حدوث إجهادات شدة في سطح الطوبة نتيجة لانكماش هذا السطح قبل الطبقات الداخلية من الطوبة يحدث عنها تشققات كثيرة ، لهذا فالأفضل أن يتم تجفيف الطوب تحت سقاييف أو عرايش لحماية الطوب من التقلبات الجوية السريعة ، كما يمكن زيادة نسبة الرطوبة الجوية بالدرجة المناسبة التي تقلل حدوث هذه التشققات .

وقد تطورت صناعة الطوب اللبن وأمكن صناعة الطوب المحروق (الأحمر) الذي يتم حرقه داخل قمائن تختلف شكلها وحجمها بحسب نوع الوقود المستعمل ، وقد ابتدئ بحرق الطوب باستعمال الفحم الحجري ، وأثناء مدة الحرق العالية وتعذر الحصول على الفحم بالكميات والسعر المناسب أبدئ في استعمال المازوت وانتشرت طريقة الحريق داخل الأفران العادية ثم الأفران المستمرة (طراز هوفمان) التي تمتاز بسرعة الإنتاج ووفرتها مع الاقتصاد في الوقود والحصول على طوب منتظم الحريق وتلافي الهالك منه كما كان الحال في القمائن العادية .

وفي المناطق القريبة من الجبال خصوصاً بقرى الوجه القبلى تستعمل الأحجار الجيرية (الدبش) في بناء المباني وذلك لرخص وسهولة استخراج الأحجار من الجبال وامتيازها في عمل الحوائط ذات العزل الحرارى المناسب الذى يتعادل مع ارتفاع درجات الحرارة صيفاً في هذه المناطق .

وفي بعض المناطق المتاخمة للصحراء حيث تتوفر طبقة

من الرمال المخلوط بنسبة من الجير نتيجة تفتت بعض الصخور أو لتحلل بعض أنواع من القواقع والأصداف البحرية في الوقت الذى كانت تغمر فيه مياه البحر هذه المناطق فإن الطريقة المتبعة في بناء الحوائط هي طريقة البناء بالطوب التي تتكون من عمل حوائط بسمك ٤٠ - ٥٠ سم من خليط الرمل المزوج بالجير مع إضافة نسبة من الطمي وبعد كسر الأحجار والزلط المتوفرة في المناطق القريبة من هذه القرى ويضاف للخليط كمية من الماء بالقدر الذى يسمح بتشكيل الحائط بالسمك المطلوب الذى يتم على شكل مدايك مستمرة بكامل طول الحائط وبارتفاع حوالى ٥٠ سم .

ويترك الحائط بعد كل مداك الوقت الكافى ليتم تماسكه قبل البدء في تشكيل المدايك التالى ، وهكذا إلى أن يصل الحائط بالارتفاع المطلوب .

وطرق التشييد المستعملة في المباني فهى لا تختلف كثيراً منذ القدم حتى الآن حيث تبنى الحائط فوق دكة خفيفة ترابية (بدون عمل أساسات حقيقية) ويتبع في ترتيب الطوب الطرق المعروفة وبأسماك لا تقل عن طوبة ونصف وتكون المادة اللاصحة في حالة استعمال الطوب اللبن خليطاً من الطين المخلوط بالتبن أو القش .

وبعد ذلك أن بدئ في استعمال الطوب الأحمر أخذت المادة اللاصحة تتطور من عصر إلى آخر فابتدأت بمخلوط الطين المزوج بالتبن أو القش ثم بدئ باستعمال مونة مكونة من مسحوق الطوب المحروق (الحمراء) مع نسبة من الجير المطفى ، ثم تطورت أخيراً إلى استعمال مونة الرمل والأسمنت بعد أن توفر وانتشر الأسمنت وسهل الحصول عليه بأسعار مناسبة رخيصة مع امتياز هذا النوع من المونة بقوة تماسكه العالية كمادة لاصحة مع الطوب .

وطرق التشييد المستعملة في تنفيذ الأسقف فإنها تغيرت وتطورت من عصر إلى آخر حسب توافر المواد المناسبة الرخيصة التي يمكن للفلاح استعمالها في تنفيذ هذه الأسقف فبدئ بعمل الأسقف على هيئة عقود أو قباب أو خليط منها . . ثم تدرج الأمر بعمل الأسقف المستوية باستخدام

وكل هذه التجارب انتهت إلى أن أسعار الطوب المستنبط تعادل أو تزيد عن سعر الطوب المحروق (الأحمر) كما أن بعض الحالات تتطلب أن يكون الطمي المستعمل به نسبة محدودة من الرمل الحرش قد تصل إلى ٦٠ ٪ من حجم الطين ، وهذا الرمل قد لا يتوفر وجوده في أغلب القرى كما أن طريقة الصناعة قد تحتاج إلى خلاطات ميكانيكية لخلط المواد مع بعضها جيداً للحصول على خليط متجانس تماماً قبل تشكيل الطوبة .

وبعد أن بدأ في تنفيذ مشروع السد العالي بأسوان وأصبح من المنتظر أن يقل الطمي الذي يصل إلى الأراضي الزراعية أو يترسب على جسور الترع الرئيسية سنة بعد أخرى ، أخذ التفكير إلى طرق أخرى من استنباط أنواع جديدة من الطوب لا تعتمد على الطمي في صناعتها بل يجب إنتاج أنواع رخيصة من المواد المحلية المتوفرة في كل منطقة من مناطق الجمهورية العربية المتحدة .

أما بتنفيذ الأسقف فالدراسات التي تمت كانت تتجه إلى التقليل من استعمال العروق الخشبية المستوردة أو البلاطات الخرسانية إلى استعمال كميات من الخرسانة سابقة الإجهاد ذات قطاع صغير ووزن مناسب ويمكن إنتاجها بأسعار تعادل سعر العروق الخشبية (فليري) وعلى أن تكون هذه الكميات سهلة النقل ولا تحتاج إلى روافع خاصة لوضعها في أماكنها بالأسقف .

وقد نفذت بعض المساكن الجريبية بهذه الكميات وملئ الفراغ بينها بإحدى الطرق الآتية :

- ١ - بلاطات من الجبس المقوى بالبوص .
- ٢ - طوب خرساني مفرغ .
- ٣ - بلاطات من الخرسانة العادية .
- ٤ - عقود من مباني الطوب الأحمر .

وكل هذه المباني والدراسات لم تصل إلى نتائج يمكن تنفيذها على نطاق واسع وذلك لأن تكاليف التنفيذ بالطرق التقليدية مازالت أرخص أو تعادل استعمال أى من هذه

إفلاق النخيل والجريد وتغطية السقف بطبقة من الطوب اللبن أو خليط من الطين المزوج بالتبن أو القش ، ثم تطور السقف إلى استعمال العروق الخشبية وتغطيتها بألواح خشبية أو أعواد من الجريد ، ثم تغطية السطح بطبقة من الطين لحمايته ، وفي بعض المساكن الريفية الكبيرة استخدمت الكميات الحديدية وملئ الفراغ بينها بعقود من الطوب الأحمر .

وفي خلال السنوات الخمسين الأخيرة ابتدئ في استعمال الخرسانة المسلحة في تنفيذ الأسقف وأخذت هذه الطريقة في الانتشار بعد أن قامت الدولة بتنفيذ مباني القرى المنكوبة أو المستحدثة بهذه الطريقة حتى يمكن القول أنها ستكون الطريقة المفضلة في تنفيذ الأسقف عند تنفيذ مشروعات تعمير القرى .

ولما كانت مواد البناء الرخيصة المتوفرة حالياً في الجمهورية العربية المتحدة محدودة العدد والنوع ولم تجر أبحاث علمية على نطاق واسع لاستنباط مواد جديدة والاستفادة من مخلفات الزراعة أو الصناعة إلا في السنوات العشر الأخيرة وبعد أن قررت الدولة ضرورة تطوير القرية المصرية وتوفير السكن بالسعر المناسب ، فقد أخذت بعض المصالح والهيئات القيام بدراسات وأبحاث محدودة تنحصر كلها في استخدام مادة الطين المتوفرة في كل أراضي الريف المصري لإنتاج طوبة جديدة لها قوة تحمل عالية نسبياً (لتقليل سمك الحوائط) ولقاومة التقلبات الجوية والمياه الجوفية وتنحصر هذه التجارب في إضافة أى من المواد التالية للحصول على هذا النوع من الطوب :

- ١ - الحمة والجير بنسبة حوالى ٢ ٪
- ٢ - مستحلب الدياتول بنسبة ٣ ٪ - ٤ ٪
- ٣ - مستحلب الدياتول بنسبة ٢ ٪ - ٣ ٪ مع إضافة كمية من التبن أو القش .
- ٤ - الأسمنت البورتلاندى بنسبة ٤ ٪ - ٨ ٪ مع إضافة نسبة من الرمل .

الطرق المستنبطة ، وذلك لرخص الأيدي العاملة وارتفاع تكاليف الأجهزة الميكانيكية ووسائل النقل .

خاتمة :

القرية المصرية والبيت الريفي لم يتطور مع تطور الحياة المصرية لعدم ثقة الفلاح المصري بالجهاز الحكومي للرواسب القديمة التي تكونت من جيل لآخر منذ الاستعمار الأجنبي واغتصاب الأرض الزراعية وإرهاق الفلاحين بالضرائب والاستيلاء على المحاصيل بأثمان رخيصة . . . كل هذه العوامل مجتمعة مع عدم نضج الوعي وانتشار الجهل والمرض والفقر جعل التطور جامداً يسير ببطء شديد . . . كما أن الحكومات السابقة لم تعط الريف أى اهتمام ولم تقم بأى مجهود جدى لإصلاحه .

قامت الثورة واطمأن الفلاح وتحرر من الاستغلال والاستعباد وأصبح المالك الحقيقي للأرض بعد توزيع الأراضي وتفتيت الملكيات الكبيرة . . فأخذ الفلاح يطمئن للجهاز الحكومي وارتفع دخله وزادت درجة وعيه مع انتشار التعليم وتوفير الخدمات العامة من المياه الصالحة للشرب والعلاج الطبي المجاني والخدمات الاجتماعية وتحسين البيئة . وغيرها من مشروعات حكومة الثورة والشعب التي نفذته نكسوة أولى فى تطوير القرية وتحسين البيت الريفي .

أن دور الجمعيات التعاونية الزراعية فى إصلاح القرية وتطورها سيكون عاملاً رئيسياً فيها . . . أن الأمل الكبير سيتحقق وسيسير التطور السريع نحو الأهداف المنشودة .

وسائل تنفيذ تعمير الإسكان الريفي

عن طريق التعاون وطرق التمويل
بدرسون: أصدرت

لإمكان توفير المساكن المناسبة لأي فئة من الناس فإنه يلزم التعرف على الظروف الاجتماعية والاقتصادية لهذه الفئة والعوامل التي تؤثر على تلك الظروف — وفيما يلي بيان بالخصائص العددية لسكان الريف بالجمهورية .

عدد سكان الجمهورية في الفترة ١٨٨٢ — ١٩٦٠

السنة	العدد الكلي للسكان	متوسط الزيادة السوية	عدد السكان الريفي	متوسط الزيادة السوية	عدد السكان الحضريين	متوسط الزيادة السوية
	بالآلاف	%	بالآلاف	%	بالآلاف	%
١٨٨٢	٦٨٠٤		٥٥١١		١٢٩٣	
١٨٩٧	٩٧١٥	٢٩	٧٧٧٢	٢٧	١٩٤٣	٣٣
١٩٠٧	١١٢٨٧	١٦	١١٤٢	١٨	٢١٤٥	—
١٩١٧	١٢٧٥١	١٣	١٠٠٧٣	—	٢٦٧٨	٢٥
١٩٢٧	١٤٢١٨	١٢	١٠٩٤٨	٨	٣٢٧٠	٢٢
١٩٣٧	١٥٩١٣	١٢	١١٩٥٠	٨	٣٩٨٣	٢٢
١٩٤٧	١٩٠٢٢	—	١٣١٢٥	٩	٥٨٩٧	٤٨
١٩٦٠	٢٦٠٨٥	٢٨٤	١١١٧٣	١٨	٩٩١٢	٥٢

ملحوظة : (البيانات الموضوعة في الجدول أعلاه حسبت بالإستعانة بالبيانات الواردة بالجدول رقم ٨ من كتاب ثورة في ١٠ سنوات المعد بمعرفة مصلحة الإحصاء والنشر في يوليو سنة ١٩٦٢) .

بتحليل البيانات أعلاه يتضح الآتي :

١ — وجود هجرة من الريف إلى الحضر ابتداء من سنة ١٩٠٧ حتى سنة ١٩٦٠ .

٢ — تتضمن هذه الهجرة ٣٠٪ سنوياً من سكان الريف بين سنة ١٩٠٧، ١٩١٧ وتقدر بنحو ٢٧٤٢٦ نسمة سنوياً .

٣ — و ٤٠٪ سنوياً من سكان الريف بين سنة ١٩١٧، ١٩٢٧ وتقدر بنحو ٤٠٢٩٢ نسمة سنوياً .

٤ — و ٤٠٪ سنوياً من سكان الريف بين سنة ١٩٢٧، ١٩٣٧ وتقدر بنحو ٤٣٧٩٢ نسمة سنوياً .

٥ — و ١٠٪ سنوياً من سكان الريف بين سنة ١٩٣٧، ١٩٤٧ وتقدر بنحو ١٣١٤٥٠ نسمة سنوياً .

و ١٠٤٪ سنويا من سكان الريف بين سنة ١٩٤٧ ، ١٩٦٠ و تقدر بنحو ١٣٦٥٠٠ نسمة سنويا .

وذلك على افتراض أن نسبة التزايد الطبيعي للسكان (الفرق بين المواليد والوفيات) واحدة في الحضر والريف وحينئذ يكون عدد السكان الذين نزحوا من الريف إلى المدن في الفترة ١٩٠٧ - ١٩٦٠ = ١٠ (٢٧٤٢٦ + ٤٠٢٩٢ + ٤٣٧٩٢ + ١٣١٤٥٠) × ١٣ = ١٣٦٥٠٠ نسمة .

٣ - عدد المهاجرين يزداد في كل سنة عن السنة السالفة لها .

٤ - يزداد عدد السكان الريفيين رغم تزايد العدد المهاجر منهم .

خصائص الرغل بالنسبة للسكان الريفيين :

لمعرفة تطور دخل الفرد الريفي يلزم متابعة التزايد في الدخل الزراعي مع التزايد في عدد السكان الريفيين - وفيما يلي مقارنة بين الدخل الزراعي وعدد السكان الريفيين في السنوات ١٩٥٢/١٩٥٣ ، ١٩٦٠/١٩٦١ .

$$\text{عدد السكان الريفيين سنة ١٩٥٢} = ١٣١٢٥ + \frac{(١٣٠٢٥ - ١٦١٧٣) \times ٥}{١٣} = ١٤٢٩٧$$

مليون نسمة .

عدد السكان الريفيين سنة ١٩٦٠ = ١٦١٧٣ مليون نسمة .

جملة (١) الدخل الأهلئ الزراعي سنة ٥٣/٥٢ = ٢٥٢ مليون جنيه .

جملة (١) الدخل الأهلئ الزراعي سنة ٦٠/٦١ = ٤٠٣ مليون جنيه .

متوسط نصيب الفرد الريفي من الدخل الأهلئ الزراعي

$$\frac{٢٥٢}{١٤٢٩٧} = \frac{١٩٥٣}{١٩٥٢} = ١٧٦٠٥$$

متوسط نصيب الفرد الريفي من الدخل الأهلئ الزراعي

$$\frac{٤٠٣}{١٦١٧٣} = \frac{١٩٦١}{١٩٦٠} = ٢٥$$

ومعنى ذلك أنه بفرض ثبوت قيمة الجنيه في الفترة سنة ١٩٥٢ - ١٩٦٠ تكون المجهودات التي بذلتها الدولة بعد الثورة قد فعلت التزايد الجارى في عدد السكان الريفيين ورفعت مستوى الدخل لمجموعهم بنحو ٥٢٪ .

ويعمل مقارنة بين نصيب الفرد الريفي من حجم الإنتاج الزراعي في السنوات المختلفة باعتبار السنة الأساسية هي متوسط الإنتاج للسنين ١٩٣٥ - ١٩٣٩ يتضح الآتى :

السنة	عدد السكان الريفيين	الرقم القياسى للإنتاج سنة ١٩٣٧ أساس		الرقم القياسى للإنتاج سنة ١٩٥٢ أساس	
		إنتاج	سكان	إنتاج	سكان
١٩٣٧	١١,٩٥٠	١٠٠	١٠٠		
١٩٥٢	١٤,٢٩٧	١٠٩	١١٩	١٠٠	١٠٠
١٩٦٠	١٦,١٧٣	١٢٣	١٣٥	١١٣	١١٣

وسوف يترتب على ذلك إما الاستمرار في زيادة أسعار المحاصيل الزراعية لمواجهة رفع دخل الريفيين أو زيادة الهجرة عما هي عليه الآن أو هما معاً ، أو زيادة الرقعة الزراعية أو التوسع في زراعات خاصة مثل الزهور ، الخضروات ، الفواكه .

ولمعرفة تطور دخل الفدان يلزم مقارنة مساحة الحاصلات بحجم الإنتاج كما هو مبين فيما يلي :

السنة الزراعية	المساحة المزروعة	الرقم القياسي	مساحة الحاصلات	الرقم القياسي
	مليون فدان		مليون فدان	
١٩٥٣/١٩٥٢	٥٢٧٢	١٠٠	٩٢٩٩	١٠٠
١٩٦١/١٩٦٠	٥٤٠٥	١٠٤	١٠٣٠٠	١١١

يتبين من الجدول السابق أن متوسط نصيب الفرد الريفي من حجم الإنتاج الزراعي الأهلى قد قل إذا اعتبرنا أن سنة الأساس هي سنة ١٩٣٧ وثابت إذا كانت سنة الأساس ١٩٥٢ — وإن كان نصيب الفرد من الدخل الأهلى الزراعى قد زاد بنسبة ٥٢٪ سنوياً فذلك لارتفاع أسعار المحاصيل الزراعية والتي تتحمل الدولة منها النصيب الأكبر كما هو الحال في أسعار القمح .

وبالنسبة لتحضير خطة الإسكان الريفي يتبادر إلى الذهن السؤال التالي :

هل تصميم المساكن الريفية طبقاً للدخل الحالية أم طبقاً للدخل المستقبلية .

وترى المؤسسة أن يكون الدخل الذى يحسب على أساسه المسمى هو متوسط الدخل الحالى والدخل بعد عشرة سنوات أى ما يساوى مرة ونصف الدخل الحالى .

تقدير كفاءة العامل الزراعى بالنسبة للمزارع المنزرعة :

مساحة الأرض المنزرعة بالجمهورية ٥٠٠٠٠٠٠٠٠ فدان

عدد العمال المشتغلين بالزراعة ٠٠٠٠٠٠٠٠ شخص .

$$\therefore \text{كفاءة العامل الزراعى} = \frac{٥٠٠٠٠٠٠٠٠}{٤٤٠٠٠٠٠}$$

= زراعة ١٣ فدان .

من الجدول أعلاه يتضح أن مساحة المحاصيل بالأفدنة قد زاد في الفترة ١٩٥٢ — ١٩٦٠ بمقدار ١١٪ وبمقارنة هذه النسبة بحجم الإنتاج الزراعى في هذه السنوات يتبين أن هذا الحجم قد زاد في الفترة ١٩٥٢ — ١٩٦٥ بنسبة ١٣٪ مما يؤيد زيادة إنتاج الفدان بنسبة ٢٪ خلال الثماني سنوات أى بمعدل ٢٥٪ سنوياً .

بمقارنة الزيادة في دخل الفرد على مستوى الجمهورية يتلاحظ أن متوسط الدخل العام للفرد على مستوى الجمهورية قد ارتفع من ٢٣٧١٠٠ ج في ١٩٥٢ — ١٩٥٣ إلى ٥٢٥٠٠ ج في سنة ١٩٦٠ — ١٩٦١ أى بزيادة قدرها ٥٪ سنوياً وهذه النسبة قريبة من نسبة تزايد دخل الفرد الريفي في هذه الفترة المقدرة بنحو ٥٢٪ سنوياً .

ونظراً لأن الدولة تعمل جاهدة لمضاعفة الدخل القومى في الفترة ١٩٦٠ — ١٩٧٠ كما أنها تعمل على إذابة الفوارق بين الطبقات فإن دخل الفرد الريفي وهو أقل الدخل سوف يتضاعف على الأقل في سنة ١٩٧٠ .

يكون دخل العامل الزراعى ذو الحيازة فى السنة =
 $13\% \times 237400 \text{ ج} = 50 \text{ جنيه}$

فإذا فرضنا أن عدد الأيام الزراعية فى السنة ٢٠٠ يوم
 يكون أجرة العامل فى اليوم ٢٥ قرشاً وهو ما يعادل الحد
 الأدنى للأجور الزراعية الذى حددته الدولة وبذلك يتساوى
 العامل الزراعى ذو الحيازة وذلك الذى يعمل بالزراعة عن
 طريق الاستئجار .

دور المؤسسة بالنسبة للوسط الريفي :

عدد المساكن الريفية طبقاً لإحصاء سنة ١٩٦٠ :
 ٣٢١٤٧٦٩ وحدة سكنية ، يقابلها نفس العدد من الأسر
 الريفية . هذا العدد يوجد ٨٠٥٠٠٠ حيازة بعضها عن
 طريق الملك والبعض الآخر عن طريق الإيجار أو حيازة
 مشتركة وتتفاوت هذه الحيازات من حيث المساحة .

باقى السكان الريفيين الذين ليس لهم حيازة يتكونون
 من :

١ - العمال الذين يستأجرون للعمل فى الزراعة عند
 الآخرين :

٢ - الملاك المقيدين بالقرى ولهم مساكن بها ولكن
 لا يقيمون فيها .

٣ - الأشخاص الذين يعملون فى غير أغراض
 الزراعة .

٤ - الذين يعملون فى الخدمة الخاصة كالسيدات
 أو من لا عمل لهم كالأطفال والعجزة .

وبتحليل هذه الأنواع يتضح الآتى :

أولاً - ذوو الحيازات

يتميز ذوو الحيازات باستقرار الإقامة فى القرية ووجود
 عائد منتظر من الأرض التى يزرعونها يختلف حسب المساحة

ومعنى ذلك أن العامل الزراعى فى المتوسط يستطيع
 زراعة ١٣ فدان طبقاً للأوضاع الجارية فى سنة ١٩٦٠ .

تقرير قيمة العمالة الزراعية من إنتاج القرية (١) :

لتقدير القيمة المطلوبة يلزم معرفة صافى الدخل الأهلى
 الزراعى .

قيمة الحاصلات الشتوية سنة ١٩٦٠ - ١٢٧,٢ مليون جنيه
قيمة الحاصلات الصيفية سنة ١٩٦٠ - ٢١٥,٢ مليون جنيه
قيمة الحاصلات البيلية سنة ١٩٦٠ - ٤٣ مليون جنيه
قيمة الأرز سنة ١٩٦٠ - ٦ مليون جنيه
قيمة الخضروات سنة ١٩٦٠ - ٣١,١ مليون جنيه
المجموع ٤٢٢,٥ مليون جنيه

تخصم المصروفات على الوجه التالى :

الأسمنت سنة ١٩٦٠	٢٥,٣	مليون جنيه
المبيدات	١,٨	مليون جنيه
التقاوى	٢٦,٠	مليون جنيه
الوقود	١٠,٠	مليون جنيه
الصيانة والاستهلاك	٣,٨	مليون جنيه
المجموع	٦٦,٩	مليون جنيه

صافى قيمة الإنتاج الأهلى الزراعى ٣٥٥,٦ مليون جنيه

متوسط إيراد الفدان بدون خصم قيمة العمالة $\frac{4536}{5444}$
 حوالى ٦٠ جنيه .

متوسط (٢) القيمة الإيجارية للفدان = ٢٢,٦٠٠ .

وبذلك يكون المبلغ المقابل للعمل الزراعى بالفدان
 الواحد ٢٧,٤٠٠ جنيه .

ونظراً لأن كفاءة العامل الزراعى = ١٣ فدان .

(١) البيانات ص ٦٨ من مجموعة البيانات الإحصائية .

(٢) البيانات ص ٦١ من مجموعة البيانات الإحصائية .

رابعاً — الأشخاص الذين يعملون في غير

أغراض الزراعة

في معظم الأحوال يكون دخل هؤلاء الأشخاص أفضل بكثير من دخل العمال الزراعيين ويمكن للدولة أن تعينهم فنياً في بناء مساكنهم خصوصاً أولئك الأشخاص الذين ترتبط حرفهم بأغراض الزراعة والخدمات العامة الأخرى ويدخل في نطاق هذه الطائفة المدرسون والحفراء والصناع وذوى الحرف والتجار وما شابه ذلك .

خامساً — الأشخاص الذين يعملون في الخدمة

الخاصة ومن لا عمل لهم

هؤلاء الأشخاص هم في الواقع الطائفة المعالة مثل السيدات والأطفال والعجزة وهم يسكنون مع عائلتهم في مساكنهم ولا يحتاجون إلى مساكن . وتوصى المؤسسة بوضع الاعتبار اللازم لهؤلاء الأشخاص عند وضع برامج التصنيع المحلية للاستفادة بهم قدر المستطاع .

كما سبق يتضح أن دور المؤسسة المصرية التعاونية للإسكان في إنشاء المساكن الريفية يقتصر على إسكان ذوى الحيازات وعددهم ١٨٠٥٠٠٠ أسرة .

هذا وإذا اعتبرنا توزيع الحيازات بالجمهورية حسب الإحصاء الزراعى سنة ١٩٥٠ وما ترتب على تطبيق قانون الإصلاح الزراعى منذ سنة ١٩٥٣ وتوزيع أراضي الحكومة والهيئات على المزارعين الأمر الذى أضاف ٨٠٣٠٠٠ أسرة ذات حيازة (من ٢ فدان إلى ٥ فدان) علاوة على ما كان موجوداً من قبل يصبح توزيع الحيازات بالجمهورية كما يلى :

عدد الحيازات		
أقل من فدانين	٤٦٣,٠٠٠	٪٢٥
٢ فدان إلى ٥ أفدنة	١,١٢٧,٠٠٠	٪٦٢
٥ أفدنة إلى ١٠ أفدنة	١٢٢,٠٠٠	٪٨
١٠ أفدنة	٩٣,٠٠٠	٪٥
المجموع	١,٨٠٥,٠٠٠	حيازة ٪١٠٠

والملكية والإنتاج ولكن يمكن تقديره والاعتماد عليه في تحصيل الأقساط . لذلك يمكن للمؤسسة أن تقوم بتحويل مشروعات الإسكان لهذا القطاع على أن تضمن الجمعية الزراعية بالقرية بصفتها المشرفة مالياً على الزراع تسديد أقساط المباني للجمعية التعاونية للإسكان بالقرية من ناتج الأرض المنزرعة .

ثانياً — العمال الذين يستأجرون للعمل في الزراعة

هذه الطائفة غير مستقرة حيث أنها تعمل حسب الطلب أما في القرية أو خارجها كما أن عددها يتناقص حسب حجم الهجرة الناتج عن عدم وجود مصدر للرزق محلياً — ومن المنتظر أن يكون هذا القطاع مع بعض باقى القطاعات أول من يستخدم في الصناعات الريفية وسوف يزداد عدد هذا القطاع كلما زاد استعمال الميكانيكا في الزراعة — لهذه الأسباب مجتمعة فإن من الرأى أن يعمل برنامج عام لاستخدامهم في التصنيع المحلى حسب ما يستقر عليه الرأى من حيث استعمال الميكانيكا في الزراعة .

نماذج الإسكان اللازمة لهذا القطاع تختلف من حيث الغرض عن مساكن ذوى الحيازات حيث لا لزوم للحظائر وما شابهها كما أن هذه النماذج سوف تتطور طبقاً لتطور العمل الذى سوف يسند للعاملين من هذا القطاع ونقترح أن تكون مساكن هذا القطاع من المساكن الجاهزة التى يمكن نقلها والاستفادة بها في أماكن مختلفة حسب الحاجة على أن تقوم الدولة بصفة مباشرة بإنشاء هذه المساكن .

ثالثاً — الملاك الذين يملكون مساكن بالقرى

ولا يقيمون بها

يسقط مساكن هؤلاء الملاك الذين لا يقيمون بالقرية من برنامج الإسكان الريفى حيث أن مساكنهم غالباً ما تكون في مستوى لائق بالنسبة لظروفهم الجسنة ويمكن الاستفادة بهذه المساكن عن طريق الإيجار في توفير الخدمات اللازمة بالقرية .

النسب والمبالغ المقترحة في مقابل الإسكان بالريف في قطاعات الدخل والأسس المختلفة

حجم الأسرة	الحد الأدنى للغرف بالسكن	١٠٠ جنيه		١٢٥ جنيه		١٥٠ جنيه		١٧٥ جنيه	
		النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ
٣ أشخاص فأقل	١	% ٢١	١١٠٠	% ١٢	١٥٠٠	% ١٣	١٩٠٥	% ١٤	٢٤٠٥
٤ — ٦ أشخاص	٢	% ٩	٩٠٠	% ١٠	١٢٠٥	% ١١	١٦٠٥	% ١٢	٢١٠٠
٧ — ٩ أشخاص	٣			% ٨	١٠٠٠	% ٩	١٣٠٥	% ١٠	١٧٠٥
٢ — ٩ أشخاص	٤					% ٧	١٠٠٥	% ٨	١٤٠٠
		٢٠٠ جنيه		٢٢٥ جنيه		٢٥٠ جنيه		٢٧٥ جنيه	
		النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ
٣ أشخاص فأقل	١	% ١٥	٣٠٠٠	% ١٦	٣٦٠٠	% ١٧	٤٢٠٥	% ١٨	٥٠٠٠
٤ — ٦ أشخاص	٢	% ١٣	٢٦٠٠	% ١٤	٣١٠٥	% ١٥	٣٧٠٥	% ١٦	٤٥٠٠
٧ — ٩ أشخاص	٣	% ١١	٢٢٠٠	% ١٢	٢٧٠٠	% ١٣	٣٢٠٥	% ١٤	٤٠٠٠
٢ — ٩ أشخاص	٤	% ٩	١٨٠٠	% ١٠	٢٢٠٥	% ١١	٢٧٠٥	% ١٢	٣٥٠٠

القرض وجبت الحيلة في عملية إنشاء المساكن مما يدعو إلى زيادة تكاليف المسكن حتى يبقى سليماً لمدة أطول من مدة استهلاك القرض .

ولإمكان الوصول إلى حجم القروض اللازمة ومدة الاستهلاك ونسبة الفائدة في حدود الاعتبارات السابقة تفرض أن تكاليف بناء المساكن بخلاف قيمة الأرض والمرافق والخدمات العامة كما يلي :

المسكن المكون من غرفة واحدة
والمنافع والخدمات الخاصة ٢٣٠ جنيه

المسكن المكون من غرفتين
والمنافع والخدمات الخاصة ٢٨٠ جنيه

المسكن المكون من ٣ غرف
والمنافع والخدمات الخاصة ٣٢٠ جنيه

المسكن المكون من ٤ غرف
والمنافع والخدمات الخاصة ٣٥٠ جنيه

يتبين من الجدول السابق أن القيمتين الأقل للأقساط السنوية للحصول على المسكن هما ٧٥٠٠ جنيه ، ١١٠٠٠ جنيه للمسكن المكون من غرفة واحدة ، ٩٠٠٠ جنيه ، ١٢٥٠٠ جنيه للمسكن المكون من غرفتين ، ١٠٠٠٠ جنيه ، ١٣٥٠٠ جنيه للمسكن المكون من ثلاث غرف ، ١٠٥٠٠ جنيه و ١٤٠٠٠ جنيه للمسكن المكون من أربعة غرف .

وفيما يلي جدول يبين الحد الأقصى للقروض الممكن الحصول عليها في حدود هذه الأقساط مع تغيير مدة استهلاكها بين ٢٠ ، ٣٠ سنة ، وتغيير نسبة الفائدة بين ٣ % ، ٢ % سنوياً بنسبة بسيطة .

وبمقارنة قيمة القروض الممكن الوصول إليها في حدود الطاقات المالية للمنتفعين بالتكاليف المقترحة للمساكن يتحدد نسبة القرض .

تحرير النسب والمبالغ التي يمكن تخصيصها في

مقابل المصاريف لزوى الميزات :

بينما فيما سبق أن أقل دخل تحصل عليه الأسرة ذات الحيازة حالياً هو — ٥٠ ر. جنيه كما بينا أن الدخل الذي يحسب على أساسه المسكن يساوى مرة ونصف الدخل الحالي لذلك يكون الدخل الأقل بالنسبة لتصميم المسكن هو ٧٥ جنيه للأسرة ثم تتدرج الدخول إلى الارتفاع والجدول السابق يبين النسب المقترحة تخصيصها في مقابل الإسكان . كذلك المبالغ السنوية التي يستطيع المنتفعون دفعها طبقاً لظروفهم الاقتصادية والاجتماعية .

عند إعداد الجدول السابق روعيت الاعتبارات الآتية :

١ — لا تزيد كثافة السكان عن ٣ أشخاص بالغرفة

٢ — كل مسكن مزود بمدخل وحمام وحظيرة ومخزن وفرن وعدد من الغرف تختلف حسب حجم الأسرة .

٣ — تقل نسبة الدخل المقترح تخصيصها في مقابل الإسكان كلما قل الدخل .

٤ — تقل السابقة كلما زاد عدد أفراد الأسرة .

وهذه الاعتبارات هي من وحى التطبيق العربي للاشتراك في مجال الإسكان — ويتلاحظ أن المبالغ قرين كل قطاع من الأسر بالجدول السابق هي الحد الأعلى للمدفوعات السنوية التي تستطيع هذه الأسر تحملها في مقابل حصولها على المسكن الملائم كما أنها تمثل الحد الأعلى للأقساط السنوية للقروض اللازمة للإسكان الربحي لذلك فإنه يجب تثبيت هذه الأقساط وإدخال التغيرات اللازمة في مدة الاستهلاك للقرض ونسبة فائدة للحصول على المبلغ اللازم لتكاليف المسكن مع ملاحظة أنه إذا زادت نسبة القرض إلى تكاليف البناء زادت الأعباء على المنتفعين وإذا قلت هذه النسبة زاد مقدم الدفع المطلوب وكلاهما يعرقل تنفيذ المشروع — كما أنه كلما زادت مدة استهلاك

الحد الأقصى للقروض،

نوع المسكن	قيمة القسطين الأقل	مدة استهلاك القرض ٣٠ سنة		مدة استهلاك القرض ٣٠ سنة	
		قيمة القرض بنسبة ٣٪	قيمة القرض بنسبة ٣٪	قيمة القرض بنسبة ٣٪	قيمة القرض بنسبة ٣٪
مسكن مكون من حجرة والمنافع والخدمات الخاصة	٧ ٥٠٠	١١١	١٤٧	١٦٨	٢٤٦
	١١ —	١٦٣	٢١٥	٢٤٦	٣٠١
مسكن مكون من غرفتين والمنافع والخدمات الخاصة	٩ —	١٣٢	١٧٦	٢٠١	٢٨٠
	١٢ ٥٠٠	١٨٦	٢٤٥	٢٨٠	٣٠٢
مسكن مكون ٣ غرف والمنافع والخدمات الخاصة	١٠ —	١٤٨	٢٠٠	٢٢٤	٣٠٢
	١٣ ٥٠٠	٢٠٠	٢٦٤	٣٠٢	٣١٤
مسكن مكون من ٤ غرف والمنافع والخدمات الخاصة	١٠ ٥٠٠	١٥٦	٢٠٦	٢٣٥	٣١٤
	١٤ —	٢٠٨	٢٧٤	٣١٤	٣١٤

مقارنة بين التكاليف الكلية والقروض (مدة استهلاك القروض ٣٠ سنة بفائدة بسيطة ٢٪)

نوع المسكن	تكاليف البناء	القرض الأقصى الممكن الحصول عليه في أقل الحالات	نسبة القروض إلى التكاليف	النسبة
مسكن مكون من غرفة والمنافع والخدمات الخاصة	٢٣٠	١٦٨	٧٣٪	٧٠٪
مسكن مكون من غرفتين والمنافع والخدمات الخاصة	٢٨٠	٢٠١	٧٢٪	٧٠٪
مسكن مكون من ٣ غرف والمنافع والخدمات الخاصة	٣٢٠	٢٢٤	٧٠٪	٧٠٪
مسكن مكون من ٤ غرف والمنافع والخدمات الخاصة	٣٥٠	٢٣٥	٦٧٪	٧٠٪

يقوم الأعضاء بتمويل مقدم الدفع عن طريق :

- ١ — مدفوعات نقدية .
- ٢ — تقديم مواد بناء لازمة لمشروع الإسكان .
- ٣ — تقديم عمالة .
- ٤ — الإدخار في بنك القرية لحساب الإسكان .

وتقوم الدولة بتمويل مقدم الدفع عن طريق :

- ١ — صرف إعانات مباشرة .
- ٢ — قرض وتحصيل رسم إنتاج على المحاصيل الزراعية تحصل بواسطة الجمعيات الزراعية .

تقرير الاستثمارات اللازمة :

بالرجوع إلى جدول توزيع الحيازات يتلاحظ أن ٢٥٪ من الأسر حائزة على أقل من فدانين ، ٦٢٪ حائزة على مساحة من ٢ — ٥ أفدنة ، ٨٪ حائزة على مساحة من ٥ — ١٠ أفدنة ، و ٥٪ حائزة على أكثر من ١٠ أفدنة .

ويوضع الدخول المنتظرة للحيازات موضع الاعتبار يمكن تقرير الآتي :

١٣٪ من عدد الأسر تختص بمسكن من غرفة واحدة والمنافع .

١٢٪ من عدد الأسر تختص بمسكن من غرفتين والمنافع ٦٢٪ من عدد الأسر تختص بمسكن من ٣ غرف والمنافع .

١٣٪ من عدد الأسر تختص بمسكن من ٤ غرف والمنافع .

وبدراسة أحجام الأسر الريفية سنة ١٩٦٠ يتضح الآتي :

ومن الجدول السابق يتبين الآتي : —

- ١ — أصلح نسبة للقرض في حدود إمكانيات المتفعين هي ٧٠٪ من تكاليف البناء .
- ٢ — المدة المناسبة لاستهلاك القرض هي ٣٠ سنة .
- ٣ — أنسب ربح للقرض هي ٢٪ سنوياً بنسبة بسيطة .
- ٥ — مقدمات الدفع المطلوبة هي ٦٩٠٠٠ ج للمسكن من غرفة واحدة ، ٨٤٠٠٠ ج للمسكن من غرفتين ، ٩٦٠٠٠ ج للمسكن من ثلاث غرف ، ١٠٥٠٠٠ ج للمسكن المكون من ٤ غرف .

وسائل التمويل :

أولاً — تمويل القرض

تمول القروض اللازمة لإسكان الأسر ذوى الحيازات من اعتمادات المؤسسة المصرية التعاونية للإسكان على أن تكون هذه الاعتمادات من الكفاية بحيث تتناسب مع حجم الأعمال المنتظر أن تقوم به وأن يكون مدة استهلاك القرض ٣٠ سنة وأن تكون نسبة الربح ٢٪ سنوياً وأن تتحمل الدولة قيمة المصاريف الإدارية للمؤسسة والمقدرة بنحو ١٠٪ من قيمة الأعمال التي تقوم المؤسسة بتنفيذها .

هذا وتصرف القروض من المؤسسة للجمعيات التعاونية للإسكان بالقرى بضمان الجمعيات الزراعية صاحبة الشأن .

ثانياً — تمويل قيمة الأرض والخدمات اللازمة

تقوم الدولة بتوفير الأراضي اللازمة للإسكان بالقرية بمعرفة وعلى نفقتها كما تقوم بإنشاء الخدمات والمرافق العامة الضرورية .

ثالثاً — تمويل مقدم الدفع

تمويل المبالغ المطلوبة مقدماً إما بمعرفة الدولة أو بمعرفة المتفعين على النحو التالي :

عدد الحيازات ١٨٠٥٠٠٠ حيازة :	أسرة
عدد الأسر المنتفعة في هذا القطاع	أسر ريفية مكونة من ٣ أشخاص أو أقل ١٠٥٧٤٥٠ ٣٣٪
= ١٨٠٥٠٠٠ أسرة .	أسر ريفية مكونة من ٤ - ٦ أشخاص ١٣٥٢٨٩٥ ٤٢٪
عدد المساكن التي يتداولها المشروع	أسر ريفية مكونة من ٧ - ٩ أشخاص ٦١٤٨٤٦ ١٩٪
= ١٨٠٥٠٠٠ أسرة .	أسر ريفية مكونة من ٩ أشخاص فأكثر ١٨٩٥٧٨ ٦٪
وبدراسة نسبة المساكن الصالحة في عدة قرى وجد أنها	٣٢١٤٧٦٩ ١٠٠٪
لا تتجاوز ٦٪ من المجموع وبتطبيق هذه النسبة يتضح أن	وبمقارنة تقسيم المساكن على حسب دخولها وتقسيمها
المساكن الواجب إصلاحها وإعادة بناؤها هو ١٧٠٠٠٠	حسب أحجامها في سنة ١٩٦٠ يتبين أن الدخول تسمح
وحدة سكنية ظهر الآن معظم هذه المساكن بالإضافة إلى الحالة	بالإقلال من التزام القائم مما يحقق هدفاً من أهداف
الراهنة بالقرية بحالة يصعب معها توفير المسكن المناسب والمحيط	التخطيط . لذلك فمن المقترح عند إعداد حجم المساكن اللازمة
الصحي التي تتناسب مع الاتجاهات التي تنتهجها الدولة فمن	اعتبار التوزيع طبقاً لقدرة الدخول وفيما يلي بيان كيفية تقدير
الرأي اعتبار بناء السكينة المطلوبة جميعها ويكون توزيعها	حجم الإسكان لذوى الحيازات .
كالآتي :	

وحدة	٢٢١٠٠٠	١٣ × ١٧٠٠٠٠	مساكن من غرفة واحدة والمنافع
وحدة	٢٠٤٠٠٠	١٢ × ١٧٠٠٠٠	مساكن من غرفتين والمنافع
وحدة	١٠٥٤٠٠٠	٦٢ × ١٧٠٠٠٠	مساكن من ٣ غرف والمنافع
وحدة	٢٢١٠٠٠	١٣ × ١٧٠٠٠٠	مساكن من ٤ غرف والمنافع
وحدة	١٧٠٠٠٠	مجموع المساكن	

التكاليف الكلية للمساكن :

جنيه	٥٨٣٠٠٠٠ = ٣٢٠ × ١٢١٠٠٠
جنيه	٥٧١٢٠٠٠ = ٢٨٠ × ٢٠٤٠٠٠
جنيه	٣٣٧٢٨٠٠٠ = ٣٢٠ × ١٠٥٤٠٠٠
جنيه	٧٧٣٥٠٠٠ = ٣٥٠ × ٣٢١٠٠٠
جنيه	٥٢٣٥٨٠٠٠

أى حوالى ٥٢٣ مليون جنيه

الحجم الكلى للقرض = ٧٠ × ٥٢٣ = حوالى ٣٦٦ مليون جنيه .

وبذلك يكون حجم القرض اللازم لإنشاء المساكن الخاصة بالأسر ذوى الحيازات يساوى حوالى ٣٦٦ مليون جنيه .

وفيما يلي بيان بتكوين الجمعيات التعاونية على المستويات المختلفة :

الجمعية التعاونية للاسكان بالقرية

الاسم :

الجمعية التعاونية المحلية للاسكان بقرية (....)

المقصود :

أهالى القرية وكل من يرغب فى الإقامة بالقرية .

رأس المال :

من أسهم قيمة السهم جنيه مصرى واحد يسدد إما مرة واحدة أو على أربعة أقساط متساوية أو حسب ما يحدده النظام الداخلى .

الفرض من الجمعية :

العمل على رفع مستوى السكن لإعقائها وتحسين حالة أعضائها صحياً واجتماعياً . وذلك بالحصول على أراضى الامتداد العمرانى للقرية وإقامة المساكن عليها وبيعها للأعضاء بالتقسيط على آجال طويلة بعد الحصول على اقروض اللازمة لتمويلها وكذلك شراء وإنتاج مواد البناء وأداء جميع الخدمات التعاونية لأعضائها وفقاً لما تقرره المؤسسة المصرية التعاونية .

مجلس الإدارة :

عشرة أعضاء ستة منهم بالانتخاب المباشر وأربعة أعضاء بحكم مناصبهم هو مندوب الشئون الاجتماعية بالقرية ومأمور المركز أو من ينوب عنه ورئيس المجلس وعضو فنى يختار بمعرفة الجهات المحلية وتعتمده المؤسسة .

الجمعية العمومية :

من جميع الأعضاء المساعدون . ويراعى فى قراراتها وإجراءات انعقادها ما نص عليه القانون ٣١٧ لسنة ١٩٥٦ والقرارات الوزارية المنفذة .

المصاريف الإدارية :

يخصص اعتماد مالى بميزانية المؤسسة المصرية التعاونية للاسكان لمواجهة المصاريف الإدارية لهذه الجمعيات كإعانة من الدولة . وتكون لأئحة النظام الداخلى للجمعية مطابقة للأئحة النموذجية مع التعديلات الموضحة بعاليه وتطوير البنود المختلفة بما يلائم هذه التعديلات .

الجمعية التعاونية للاسكان بالمركز

الاسم :

الجمعية التعاونية للاسكان لقرى مركز (....)

المقصود :

الجمعية المحلية للاسكان بالقرى

رأس المال :

من أسهم قيمة السهم أربعة جنيهات تدفع مرة واحدة ويشترط أن تساهم الجمعية المحلية بسهم على الأقل .

الفرض من الجمعية :

١ - مساعدة الجمعيات المحلية على مستوى المركز فى بحث مشاكلها وحلها وعلى وجه الخصوص من النواحي التخطيط والحصول على الأراضى .

٢ - المساهمة فى توفير وسائل تمويل الجمعيات المحلية .

٣ - التوجيه والإرشاد والتدريب التعاونى للجمعيات المحلية .

٤ - الاستعانة بالكفايات اللازمة الهندسية والمحاسبية لخدمة الجمعيات المحلية .

٥ - الرقابة على أعمال التحصيل .

٦ - الاستعانة بالإمكانات المحلية والتعاون بين الهيئات التعاونية وغيرها بالمركز .

٢ — مراقبة النشاط التعاوني في مجال الإسكان بقرى المحافظة وتذليل الصعوبات والاتصال بالمؤسسة للتوجيه اللازم وتنسيق العمل وتذليل ما يعترضه من عقبات .

٣ — تسهيل وتوريد كل ما يلزم كافة جمعيات الإسكان بالمحافظات من مواد البناء وغيرها .

٤ — المساهمة في تمويل جمعيات الإسكان بالمحافظات .

٥ — التوجيه والإرشاد والتعليم التعاوني بجمعيات الإسكان بالمحافظات .

٦ — وضع خطة البناء والشروط الواجب اتباعها سواء في القرى القديمة أو في امتدادها بما يحقق الخطة العامة لإعادة بناء القرية .

مجلس الإدارة :

أحد عشر عضواً منهم ستة بالانتخاب وخمسة بحكم مناصبهم هم مندوب عن المحافظة ومدير مديرية الإسكان ومدير الشؤون الاجتماعية ورئيس مديرية التموين ومندوب عن المؤسسة المصرية للعامة التعاونية للإسكان يتولى السكرتارية العامة .

الجمعية العمومية :

من جميع أعضاء مجالس إدارة جمعيات المراكز المنتخبون ويراعى في قراراتها وإجراءات انعقادها ما نص عليه القانون ٣١٧ لسنة ١٩٥٦ والقرارات الوزارية المنفذة

المصاريف الإدارية :

يخصص اعتماد مالي بميزانية المؤسسة المصرية التعاونية للإسكان لمواجهة المصاريف الإدارية لهذه الجمعيات كإعانة من الدولة .

وتكون لأئحة النظام للجمعيات مطابقتاً للأئحة النموذجية مع التعديلات الموضحة بعاليه وتطوير البنود المختلفة بما يلائم هذه التعديلات .

مجلس الإدارة :

تسعة أعضاء ستة منهم بالانتخاب المباشر وثلاثة أعضاء بحكم مناصبهم هم مأمور المركز ومهندس الإسكان وعضو من لهم خبرة بالتعاون تختاره الجهات المحلية وتعتمده المؤسسة .

الجمعية العمومية :

من جميع أعضاء مجالس إدارة الجمعيات المحلية المنتخبون ويراعى في قراراتها وإجراءات انعقادها ما نص عليه القانون ٣١٧ لسنة ١٩٥٦ والقرارات الوزارية المنفذة .

المصاريف الإدارية :

يخصص اعتماد مالي بميزانية المؤسسة المصرية التعاونية للإسكان لمواجهة المصاريف الإدارية لهذه الجمعيات كإعانة من الدولة .

وتكون لأئحة النظام الداخلى للجمعية مطابقة للأئحة النموذجية مع التعديلات الموضحة بعاليه وتطوير البنود المختلفة بما يلائم هذه التعديلات .

الجمعية التعاونية المركزية للإسكان بالمحافظة

الاسم :

الجمعية التعاونية المركزية للإسكان لمحافظة (. . . .)

العضوية :

جمعيات مراكز المحافظة .

رأس المال :

من أسهم قبعة السهم أربعة جنيهات تدفع مرة واحدة ويشترط أن تساهم جمعية المركز بسهم على الأقل

الفرض من الجمعية :

١ — مساعدة الجمعيات المحلية وجمعيات المراكز على مستوى المحافظات فيما يخرج عن طوق جمعيات المراكز

TABLE 2.—Total expenditure portions (8 percentages) spent by different income groups on different categories of goods in the primary, secondary and fringe areas.

Income groups (annual income)	On foodstuff				On drugs				On apparel				On home furnishings				On services and miscellaneous			
	perce- ntage %	Prim. area	Sec. area	Tri. area	perce- ntage %	Prim. area	Sec. area	Tri. area	perce- ntage %	Prim. area	Sec. area	Tri. area	perce- ntage %	Prim. area	Sec. area	Tri. area	perce- ntage %	Prim. area	Sec. area	Tri. area
Less than 180 E.L.																				
181-360 E.L.																				
361-720 E.L.																				
721-1320 L.																				
1320 E.L.																				
Total	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Total Expenditure in Primary area...	3+7+11+15+19
Total Expenditure in Secondary area	4+8+12+16+20
Total Expenditure in Fringe area...	5+9+13+17+21
Total	

*The percentage here is of the whole income per family in each income group.

fountains and greenery, and turning away from the blazing heat outside.

- The buildings should be grouped close enough together to overshadow each other, this resulting in a considerable reduction in temperature.
- Cantilevered overhangs or adjacent colonnades should be provided along the store to give shelter against the sun and reduce the annoying veiling-glare of the show windows (see Fig. 9, 10 and 11).
- A compact, multi-storey, enclosed type of mall is the most recommended, whether it is a direct development of the oriental bazaar with its lofty height, thick walls and top ventilation, or a modern design covered by R.C. shells or trusses, having its climate controlled artificially by air-conditioning. In the former top skylights and clerestorey windows are essential for ventilation and daylight.
- The long cool summer nights encourage night shopping, which could be real fun, and pleasure for the whole family to enjoy together.
- With such night shopping it is recommended that the centre should include open-air cinemas and cafés, contributing to the consumers' convenience and inducing more impulse buying in the centre. Similarly, roof gardens are recommended to be used as summer night resorts; at the same time they are a good roof insulation.
- Trellises and perforated and breathing walls are recommended to diffuse the high intensity of light and for ventilation.
- Although artificial light is preferred to illuminate the sales area by night and day, in Egypt, where almost every day is sunny, much expense can be saved by adopting elaborate diffused daylight illumination.

8) Aesthetical Treatment :

Unity of the centre: This does not imply a monotonous, inadequate standardized treat-

ment for all stores. It should be an architecturally unified overall framework, strong enough to allow within in the individual designs of tenant stores, while still moulding them into a unified whole. Unifying elements could be: continuous roof lines, colonnades, arcades, use of one facing material, etc...

Character of the centre: The shopping malls and plazas should be designed, dimensioned, and treated so as to look always busy and animated, giving the consumers a sense of "enclosure" and "intimacy" and a feeling of safety, leisure, gaiety and amusement.

Store-front treatment: Store fronts should have unity, simplicity, flexibility and contrast. The latter gives the store front interest and attracts the shopper's attention.

Show Windows: They should be flexible and easily changed in size and treatment to suit displaying of different articles. Thus the store front should be free of columns to make such flexibility possible. The show window should also be protected against veiling-glare, either by using special glass or by special design of canopy and awnings. Artificial lighting of the window must be adequate, flexible, adjustable and shielded from the eyes of the shopper. The principle is: bright illumination of the goods, contrasted against a less brightly illuminated background of neutral colour.

Signs: Location, size and colour of store signs and letterings should give diversity and variety, but still within a frame of unity and order (unity in diversity). These factors should be controlled by the architect-planner of the centre, in order to have such a unified appearance integrated with the whole design.

Sculpture, murals and reliefs add beauty and contrast to the centre's building complex. They should be gay, colourful, and amusing. Their locations, appropriate sizes, and appropriate accents should be controlled by the architect of the centre. His task is to fuse merchandising, architecture, art and landscape into one integrated whole.

single-pull scheme the magnet is located in the hub of the centre surrounded by the small traffic user stores. In a double-pull or triple-pull scheme the magnets have end or hinge locations, and the non-magnet stores are located between them to benefit the pedestrian traffic passing between them.

—A very favourable grouping is that which creates a closed-ring circulatory pedestrian flow around all stores.

—Foodstuff stores and supermarkets should be located on the outer extremities of the centre, where there is more adequate open space to permit their combination to the green-grocery and fruit open market (such combination is traditional and has been found convenient in Egyptian shopping districts). This foodstuff combination might be located in a separate nearby satellite centre.

—The department store has the most important position in the centre. Its estimated sales area (for an Egyptian community centre) is 18-24 % of the total net sales area of the centre (RA). Adjacent to it a large number of small luxury and impulse goods stores should be located. The apparel stores should also be grouped together and located near the department stores.

—Pharmacies and drug stores should have a corner location directly accessible and clearly visible from the surrounding roads.

—Service stores should have unimportant locations, for example, basements.

—In order for a vital and beneficial competition to occur in the centre, there should be at least two of each type of store.

recreational. Some of these activities, such as offices, clubs, libraries, medical clinics, cafés and cinemas could be located on the floors above the stores. Shopping always benefits from such combinations.

—The centre should have a sort of automation centre well integrated to give a fairly complete selection of the important articles one needs in the evening and at the week-ends, when all the shops are closed.

—In case of future extension, or when the centre is built in stages, it is very important that at each stage it should be fully integrated and complete in itself, and at the same time flexible to allow the proper addition of the next stage.

—The plan of the centre should be based on a suitable uniform grid, which allows great flexibility in both the width and the depth of the store and facilitates future extension and variation of the stores.

—The height of the main sales floor should not be less than 4.80 m. for good ventilation. It also gives the store more room to expand vertically by a mezzanine floor, which could be added later on.

—In order to encourage inter-shopping and in order that the centre shall not lose its intimacy, the width of malls should not exceed 12-15 m. Also they should not be monotonously long—the maximum walking distances should not exceed 100-120 meters.

—Pedestrian malls and plazas should be designed and equipped so that they can be used as places where attractions, shows and outdoor festivals can take place.

Main Principles That should be Considered in the Designing Process :

—With its commercial functions, the centre should combine other community facilities: social, medical, cultural and

Climatic Consideration :

—The basic pattern recommended for Egypt's hot weather is the "inner court" pattern, having the stores facing inwards a cool, shaded inside area with pools,

Separation Between Pedestrian Shopping Traffic and Motor Traffic.—This is achieved firstly by excluding all types of motor traffic from the pedestrian shopping malls and secondly by providing overpasses or underpasses leading the pedestrian directly to the centre without any need to cross dangerous motor traffic streets (see Fig. 8).

Delivery and Service Truck Traffic :

—This should be separated from all other types of traffic in the centre. With the strip pattern centre, this is attained by either limiting delivery to non-shopping hours or by separate accessible back delivery truck roads or screened back service courts.

—For mall and cluster patterns another method might be recommended by having the delivery truck road either above or below the sales area. However, in the Nile Valley, tunnel truck roads are unfavourable due to high underground water level.

—The principles of proper delivery are: screening from the eyes of consumers, ease without loss of movement and time, one-way flow, and maximum safety for both truck and building elements.

Private Car Traffic and Parking :

—By dividing the transportation (TA) by 35 m^2 , which is the average area per small car stall (with allowance for spacing between cars, access drives, etc.), then the number of parking stall could be determined.

—The parking area should be subdivided into smaller lots, each with an organized entrance and exit to allow a smooth circulation flow.

—The department store, apparel and luxury stores (the only outlets attracting motorist consumers in Egypt) should get more parking spaces as close at them as possible.

—In case of a centre erected for a reconstructed community located in Cairo or Alexandria city proper, the parking area should be compactly designed, being either provided in basements under the stores or above them or in an adjacent multi-storey parking garage. Another practical solution suitable to Egypt's hot climate is to raise the centre wholly or partly on columns, leaving the ground floor to be utilized as shaded parking and green areas.

Public Transport :

—It is a good thing to combine the main shopping centre of a community with its bus, motor or railway station. Such public transport should be kept separate and access to it provided by safe walkways from the pedestrian areas of the centre.

—Loading and unloading stops should be visible and sheltered by sheds or colonnades.

7) Designing the Centre :

From the previous steps the essential data and primary studies are developed. In this step the process of designing and planning the centre is as follows :

The Merchandising Plan (or Grouping of the Different Types of Stores) :

—Stores are divided into two main categories: the traffic pullers (magnets) such as the department store, apparel store and foodstuffs store, and the traffic users such as the small stores dealing with impulse and luxury goods.

—In principle the store arrangement should be compact, allowing the greatest interplay among the stores, exposing them all to the maximum pedestrian traffic and eliminating poor store-location. To attain this several suitable arrangement schemes should be tried. In

can be clearly understood if we compare two extreme cases: one is the case of an open desert location in Asswan of very cheap land price, allowing a one-storey centre with no basement; the other case is of a centre for a reconstructed community in Cairo city proper where the land is very limited and expensive, suggesting a compact high-rise centre.

The aim of the land-use plan is to fit the total required area (GA) into the site area (SA) properly. GA is composed of the following subsidiary areas:

1. *Gross building area (B)* = Gross sales area + non-retail commercial areas included in the centre, such as offices, cinemas and medical clinics. BA can be in one or more levels.

2. *Spacing area between the structures (SPG)*: usually assumed to be equal to the gross building area on the ground floor only (BAB).

3. *Transportation area (TA)* is the parking area plus private car movement and public transportation areas. TA is usually calculated by multiplying the net sales area (RA) by an empirical local parking ratio. 0.2-0.3 is the estimated parking ratio for Egypt considering the motorization conditions in the urban areas. TA can be on one level or distributed on many levels.

4. *Buffer and green area (BUA)* are the green and recreational areas, and areas reserved for future extension.

Several different land-use plans should be made; the rule governing them all is that $SA = BAG + SPG + TAG + BUA$. The most suitable plan will be that which takes into proper consideration the limitation of the site and by-laws governing the heights, spacing between the buildings, basements, etc...

5) Choosing the Centre Pattern :

—*The Strip pattern* is suitable for extended elongated sites. Service traffic could be

at the back, while parking could be in front of the row of stores.

—*The L-shaped pattern* is suitable for sites located at two intersecting roads.

—*The pedestrian covered mall pattern* is the most suitable for community shopping centres in Egypt. Stores face a cool, shady inner pedestrian court from which all kinds of motor traffic are excluded, and have their backs to the motor traffic and the blazing heat outside. Such a pattern is a sort of modern version of the traditional old Oriental Bazaar, see Figs. 2-4 and compare with the modern covered mall shopping centres, Figs. 5, 6, 7, 12.

—For a big centre erected to serve a reconstructed community in the city proper, a *compact high-rise cluster pattern* (integrating high buildings with low ones) is the most suitable. One or more downtown department stores are the main magnets, located at the hub of the centre, and surrounded on all sides by covered shopping malls and courts for pedestrians.

6) Analysis of Traffic and Communication Problems :

Most shopping in commercial districts of Egyptian town is done on foot. Only a very small percentage of the population goes shopping by car. This is because the number of cars per 1,000 inhabitants in the Egyptian urban areas is only 14, which is still very low.

The parking ratio $\frac{\text{Transports \& Parking Areas}}{\text{over sales area}}$ suggested for these Egyptian conditions is 0.2-0.3 (1), taking into consideration the expected future increase in the degree of motorization due to industrialization, the consequent higher standard of living and the motor car industry which has already been established in Egypt.

(1) Such ratio can be attained in L-shaped and U-shaped patterns of shopping centres having front parking.

obtained by multiplying the number of families in each income category by the appropriate average expenditure per family on this line of goods and adding the products together.

The annual income increase during the next ten years should be considered (in Egypt it is estimated to be 2 % of income yearly).

4. Owing to the competition of shopping outlets existing nearby, and the main downtown shopping centre, an empirical discount percentage should be subtracted from the total expenditure in the trade area upon each line of goods. Such empirical discount percentages can only be worked out from local questionnaires designed to discover where the population in the trade area usually buy each line of their consumption goods. For example, the estimated percentages expected to be spent in a community centre in Heliopolis were as follows for five main lines of goods

Line of retail goods

Food and drink	18%
Apparel and shoes	24%
Drugs and health	20%
Household needs and furnishing ...	60%
Services and miscellaneous	20%

5. Once the total annual expenditure on each line of goods spent in the centre is known, it is itself the annual turnover of the stores in the centre dealing with this line of trade. By dividing it by the local average annual sales per m² for this line of goods or type of store (2), the net floor sales area for his line is determined.

6. The total net sales area (RA) of the whole centre is the sum of the net sales areas of each line of goods.

The Gross Sales Area is simply determined

(2) These average annual sales per m² (turnover per m²) should be taken from current statistics or by sample surveys.

by multiplying RA by 5/4 (for storage and delivery areas).

7. The sales area for each line of goods is then subdivided in detail into the types of stores which are usually included under this line locally. As a whole, the centre should provide the community consumer with a complete selection of all his consumption goods.

3) Site Selection :

—As a principle, in choosing the site for a centre (also for any big building group) fertile land should be avoided, as this is so limited in the Egyptian region (1), being reserved for agriculture.

—Location on express highways should be avoided.

—The site should be easily accessible from at least one residential road. It is better if it is accessible from two roads.

—The centre should be located so that the surrounding areas are free from strong retailing competition.

—From the very beginning the maximum area required for the complete centre at its full development and with its maximum future extension including buffer and green areas should be acquired and reserved. However, in the case of a very high-priced location the area can be reduced to a minimum if a multi-storeyed centre pattern is adopted.

—The site should be one piece, undivided by any road, ditch or brook, and should have no acute angles.

—It should have adequate necessary utilities such as water, sewers, and electricity.

4) Land-Use Plan :

This depends mainly upon the location of the centre and the price of the land. This

(1) Fertile land is only 1/30 of the total area of the Egyptian Region. In Switzerland the productive land (pasture and agricultural land) is 76.4 % of its total area (see "L'Office Suisse d'Exposition Commerciale").

ing distance). The centre provides the consumers mainly with selectivity goods, such as clothes, shoes, radio and household appliances and some luxury goods. The key tenants are one or two branch department stores.

Several neighbourhood shopping centres: Each serves its own neighbourhood and is located near its primary school. Walking distances to it should not exceed 300-400 m. (5-7 minutes). It provides the consumers with convenience and demand goods. The key tenant is a supermarket or a fruit and vegetable market.

Several shopping subcentres: Each sub-centre is composed of 3-5 shops serving the nearest residential unit with daily and foodstuff goods (groceries, green-groceries, milk products, meat, etc.).

—The commercial areas required by each of the community and neighbourhood shopping centres can be roughly estimated on the basis of a local empirical sales area per capita. But this can only be known and safely used after much experience has been gained in the field of planning shopping centres in Egypt. So it is recommended that questionnaires and thorough surveys should be carried out at the established centres every five years and that the data gathered should be analyzed by experts to deduce some empirical figures for different communities of different standards of living, different buying habits and different degrees of motorization (2). Such detailed data will be of great help for the process of planning.

However, to calculate the exact area required by a centre one should follow exactly the economic analysis as discussed in the next step.

(2) Such empirical estimated figures for a community in Heliopolis of average annual income per family are -0.47 m^2 per capita for the neighbourhood shopping centres, and -0.45 m^2 per capita for the community shopping centre.

2) Economic Analysis :

Economic analysis and the settling upon a centre's site are two steps that should be handled simultaneously and repeatedly, for it is only after economic analysis that it is possible to see if the centre could attract enough trade potential to justify erecting it at the suggested site or not. If not, then another site or sites should be tried until the one giving the highest potential and the most convenience to the consumers is settled upon.

Once a location for the community shopping centre is chosen, the economic analysis will proceed as follows :

1. The boundaries of the trade area around the centre should be determined, taking into consideration the natural topographic and geographic barriers, the maximum convenient walking (700-900 m.) and driving distances, and the competition of nearby shopping centres or old shopping districts.

2. Then the number of families in the trade area should be calculated, plus an allowance of 30 % for the expected future growth of population in the next ten years. These families should be classified according to their annual income level. The average annual income for each category should be determined from the current census, or by sample surveys and questionnaires. (The tables suggested for making such calculations are shown in tables 1 and 2).

3. By the same method the percentages of income expended on the principal lines of retail goods for each income category are determined (1). From this the total expenditure on each line of retail goods can be

(1) Estimated percentages of family income on 5 principal lines of goods—calculated for a community in Heliopolis of average annual income per family 360-420 L.E. are as follows :

Food and Drink	33%
Apparel	10%
Drugs	5%
Household needs and furnishing.....	4 1/2%
Service and miscellaneous.....	3 1/2%
Total	56%

An architectural design without analysis is very risky, because it is altogether unrealistic.

I hope this research will be a sort of a guide to planners and architects and help them to plan more successful shopping centres based on sound economical analysis, and which can serve the newly built settlements communities and housing projects efficiently.

THE MAIN LINES RECOMMENDED FOR PLANNING COMMUNITY SHOPPING CENTRES IN THE EGYPTIAN REGION.

Growth of Urban Population in Egypt.

Egypt :

The urban Egyptian population (living in cities and small towns) increases very rapidly. While it was four million in 1937 it increased to 5.9 million in 1947 and it became 7.95 million in 1957. Up to 1975 an average normal increase of about $3\frac{1}{2}\%$ of the urban population (due to birth and emigration) is expected annually, that is to say about 0.3 million persons. Further, due to the important first and second five-year industrialization programmes (under execution now) it is also expected that there will be a wave of emigration of the rural population from the countryside to the urban or urbanized areas where the new industries are located.

All these people will need dwellings. So the government has devoted 100 million L.E. (about 1,200 million Swiss Francs) to housing projects in the second five-year programme. These new dwellings are provided either as new communities in the suburban development areas of old cities (such as Mokattam and Nasr, new suburbs in Cairo), or as whole new towns in the newly industrialized and developed regions, such as Aswan, Sad-el-Aali and Kattara Depression regions.

In order for each of these new communities to function well economically, it should have an integrated shopping pattern correctly located and planned, in relation to residential zones and other communal facilities.

The main lines recommended for planning a suitable shopping pattern for such a new Egyptian community are mentioned in the following steps.

1) Town-planning Considerations :

—The rapid urban and housing development should be controlled through well pre-planned regional or master plans and the necessary by-laws, especially in the case of the extension of our old cities such as Cairo and Alexandria. These plans should indicate precisely the location of the commercial zones with respect to residential and other zones. Shopping centres and any other big shopping outlets should be built only in these commercial zones. Any attempt to change the zoning from residential to commercial should be strictly prohibited. Otherwise, these new communities will develop, in a haphazard and unplanned way, into future slums.

—A new community should accommodate from about 10,000 to 20,000 persons, taking into consideration a minimum future increase in its population of about 30 % in the next ten years. The plan of such a community should consist of a cluster of neighbourhoods, each accommodating about 5,000-12,000 persons. Each of these neighbourhoods, in its turn, is composed of residential units, each accommodating 1,000-1,500 persons.

A suggested plan should be carefully developed to organize the location of the following types of shopping centres ((which must exist in a new community) (1) :

The Main Community Centre : This serves the whole community and is located at its centre. It can be combined to the main community railway station or its bus terminus. All residents should be within a radius of 700-900 m. from the centre (not exceeding a twenty-minute maximum walk-

(1) The organization of the different types of shopping centres here is based according to the 4-tier system of shopping distribution in a modern city. See fig. 1 a and 1 b.

THE MAIN LINES RECOMMENDED FOR PLANNING COMMUNITY SHOPPING CENTRES IN THE EGYPTIAN REGION

By

Dr. A. KAMAL ABDEL-FATTAH

*Lecturer, Architectural Department, Faculty of Engineering,
Ein Shams University.*

INTRODUCTION

A modern shopping centre, scientifically defined, is "a carefully selected group of stores or department stores with a calculated selling floor-area, planned, developed and managed as a unified unit, to serve conveniently and intimately the consumers living in a defined residential area, whether they come on foot or by car." This means that the centre is an important, indispensable element of a settlement, intimately related to and integrated with its residential zone and also its other industrial, cultural and recreational zones. In this broad sense, planning shopping centres is one of the main town-planning problems which must be understood, analyzed and solved for every developing country.

It is just the time now to stop handling our planning problems in a quick haphazard way without sufficient good analysis or real constructive thinking. The only way to the right solution of a problem is a programme of three interlocking items: deep scientific analysis, persistence on an ideal genuine solution and not any solution, and thirdly a broad minded approach to the problem, relating the part to the whole, beginning with the whole and ending with the detail.

In my research about "Community Shopping Centres", which I had prepared for the Doctorate Degree, I have aimed at developing an analytical systematical method for planning an integrated shopping centre for a

community (urban or suburban) of 20,000-40,000 inhabitants. Here I am trying to give briefly, but clearly the modified successive steps for planning urban or suburban shopping centres for the many new communities which are being erected or projected now-a-days on a large scale all over the Egyptian Region, taking into consideration the local Egyptian conditions in the development areas.

The process of planning a shopping centre can only be successfully carried on by teamwork, and a fully integrated collaboration between architect and economist. The job of the economist is to detect, forecast and evaluate the following items:

1. Expected total trade volume that would be attracted to the new centre (from this the net sales area and the total gross area of the centre could be determined).
2. What types of stores are required in the new centre? What will be the sales volume per type? How many stores per line of trade? and how would these types of stores be distributed in the centre to give a good merchandising plan?
3. The financing requirements.

The job of architect and planner is to handle the architectural and town-planning problems so as to design the most efficient, appealing organic and economically sound shopping centre for this evaluated potential.

by the state are augmented plus the past estimation that will be covered up by the increase in agricultural production.

The end

The rural reconstruction planning is based on the minimum living needs of the different sectors of society created by the new agricultural formations that aim at the maximum production on the basis of the state agricultural policy. This finds its expression in the regional planning which determine the basis of village planning for the inhabitants that could be supported by the land. The number in excess will be provided for by the national planning, industry, agricultural expansion or immigration. The picture of rural housing is completed with the industrialisation of the building materials of the different housing units whose elements are determined by the minimum living needs of the new social for-

mations.

This is done on the basis of a comprehensive understanding of the peasants after preparing them for the reconstruction. We cannot give the peasant the good house if all his conditions do not help him to maintain this house in good shape. Otherwise the drama that has been accumulated by ages will reinforce itself. The planning and housing project is a project of human development that cannot be built on the fixed reality but on the possibilities of human developments and evolutions. In the light of this reality the stages of planning and housing are determined either in short or long range planning. Planning and housing is a complex matter. The various elements that constitute them must find their completion. These comprise the realms of economics, society, health, culture and nature. On the basis of these, the society can build itself.



Supervising Committee. The number of those working in the preparation and execution amount to 1,000 architects helped by 2,000 drawers and supervisors. On the level of county, a planner would be appointed helped by a social specialist and agricultural specialist and three members of the Socialist Union will aid them. They will all be under the supervision of the president of the Town Council who is responsible for all the villages of the county. On the governorate level a committee is set up of a planner helped by the social supervisor of the governorate, its agricultural supervisor, and five members of the Governorate Council. The committee will be under the supervision of the governor. This committee will have direct access to the executive central organism of village planning and that has among its members various responsible officials in the Ministries of Housing, Education, Health, Industry, Communications, Social Government, Agriculture, Provisions and Treasury. The central organism in its turn draws the general policy and the executive steps for the rural reconstruction on the basis drawn by the state.

The various assessments will be carried out through the committees of Planning which will then be taken up to the Planning organisms in the centres of Planning to draw up the various plans for the villages to be approved by the High Committee of the Governorate.

The role of enlightenment in Rural Reconstruction

The enlightenment is not limited to the consciousness of the peasant of his responsibilities in the reconstruction and his consciousness of the problem. It outstrips them to his enlightenment of the means of living that would secure the life of the new building. Education plays a large part in this direction. The conditions and the developments of the problem make it impossible to wait for the new generation so as to perform its role in rural reconstruction. The enlightenment should overwhelm all sectors of the rural society, mobilising for this all the means of enlightenment and propaganda as well as the Socialist

Union to perform its important role in this field. All this will help to reduce the price of building. The peasant himself takes part in building his house under the technical supervision of the state. It secures material help for the peasant in the form of pre-fabricated architectural materials of unified measures and which are easily transported. The state also studies and applies the experiences of various states in building.

The peasant is ready to accept the new if he finds the convenient alternative as has been proved in "Awassa" Sharkia. The villagers have understood the aim of planning on both the village and region levels. The problem then developed into the fundamentals of the rural house and their evolution in the light of the picture of this research. Also the role that the peasant can play in the various stages of reconstruction.

The increase of Production and Building

The cost of village reconstruction in 30 years has been estimated at 75 millions yearly. The expenses might decrease if the rural building industry were to evolve in the fashion already mentioned. Also if the peasant took a part in the reconstruction. The village regional planning for the various economic, social and national planning stages will raise the productivity of the land about 25% if the estimations of the economic specialists are true in connection with the collectivisation of ownerships and the application of the co-operative system in agriculture. The agricultural output is estimated at a yearly L.E.300 million. The estimated increase will amount to a yearly L.E.75 millions. This increase could cover the expenses of the reconstruction. The income of the peasant will benefit indirectly in wages and salaries. This may result in an economic boom in the country. It will also procure convenient housing for millions of labourers in the green valley. The reconstruction will be hence completed by an increase in production. The period could be made less than 30 years if the funds provided

the wood industry for making doors, stables or store rooms. The transformation will take place within the industrial centres of the planning units.

The Flooring

To the protective and carrying roofs correspond an equal surface of flooring that is basically formed of a simple concrete layer or of a mixture of earth and concrete called Candcrate. Hence the rural reconstruction needs about 7.25 million square metres of this flooring to be prepared on location.

The Openings

The production of doors and windows is centralised in the Industrial Rural Centres that serve each 100,000 individuals and which derives their materials from the different wood factories. The size of the industry of doors and windows is determined on the basis of the number of each of these in comparison with the size of the house. The latter needs about 4 doors and 4 windows at the rate of 15.3 % of the built surface and the width of the surface of the door measuring 2 m. 78 and the window 2 m. 1 at the rate of ... per individual. Added to this are the other appliances of ventilation at the upper edges of the walls which could be made of asbestos asphalt. The rural building project then needs about 500,000 units of windows yearly for the duration of the 30 years needed for the completion of the project.

The size of the doors and window industry depends also on the surface of the unit, which in turn depends on a number of factors as the amount of light and ventilation necessary and the executive details of these units. This is one of the subjective studies of the architectural factors of the rural house. As to the function of the window it could be limited to light. It is small in size and is located high on the outer facades. The opposite is true of the windows on the interior yard. Ventilation could be secured in openings of about 25 cm. x 25 cm. at the top of the outer walls under the extension of the roof and is

closed by means of a net of galvanised mash or of asbestos asphalt. The function of the window is limited to light.

In this general picture we could arrive at an estimate of the other side of the rural housing problem namely the industry of building. These estimates were made on the basis of the housing needs of a number of individuals that the land can support. The excess is to be dealt with in the national planning of the state.

The Period of Preparation for the rural reconstruction

Though the regional planning, the village planning and the building industry are of great importance in the rural housing problem the decisive factor, is no doubt the consciousness of the peasant of his problem and the extent of his co-operation in the reconstruction. On these basis, the program regulating the reconstruction in its preparatory stages could be put. This will last about 5 years of studies of the reconstruction and the preparation of the necessary organisms for the assessing, planning, execution, education, and training. Putting the regulatory rules of the enterprise in its various stages will also be dealt with in this period. In its preparatory stage, research on planning could be made on the basis of the different outlooks for village planning either within the range of the total village or that of the planning units with all it has of housing blocks. Here appears the importance of the Pilot Projects in rural building.

The Executive Organism for Rural Housing

The size of the technical organism for the new buildings, on the regional divisional basis for execution, is determined. If we consider the planning unit a fundamental unit in this division, we shall need about 100 planning supervisors at the rate of one supervisor per planning unit to be helped by 1,000 social supervisors and 1,000 agricultural supervisors. Three of the members of the village council for the planning unit will take part in the

wall building. These facts should form the basis for determining the different roof-units industrialisation.

The roofs differ with the manner of their construction and the materials that are used whether bricks, tiles, reinforced concrete or concrete units that have already been poured. A great deal of experiments were made so as to decrease the use of reinforced iron and concrete. Hence arched sheets of simple concrete of about 50 cent in width and 3.5 m. in length are used. They stand on small beams which in their turn stand on the main beams. Hollowed reinforced concrete of 3 m. 5 may also be used or else units of plaster reinforced with reeds may be used. Asbestos asphalt could be used for embellishment or for protection.

The size of roof construction materials industry is determined on the basis of the average surface of roofing per individual and the size of primary materials used in this industry. The places of its industrialisation depend on the sources of the primary materials and the nature of the industrialised materials and their marketing.

The element of weight in industrialised material bearing a weight on its transportation, the function of the roof whether for protection or embellishment, should be determined and the necessary elements changed to adapt it to the use decided on.

If we take as basis the village of "Shata-nouf" and its average house surface 2 m. 85 and build on it the surface roof estimation of

the productive roof, and that of the carrying roofs, we find that the average carrying roof is about 1 m. 40 and 2 m. 9 per individual and the average surface of the protective roof is about 2 m. 25 at an average of 2 m. 5.5 per individual.

This means that the rural reconstruction in 30 years needs about a yearly 4.5 millions metres surface in prefabricated carrying roofing and about 2.75 million metres of prefabricated protective roofing.

Because this industry is connected with that of concrete and the sources of sand, it could make big industrial centres along the valley in Upper Egypt or on the borders of the Sharkia and Garbia in the Delta. This would decrease the unemployment in the green valley. The number of industrial centres depends on the industrial potentiality of the region and also on the relationship between the centres and the sources of its materials as well as its centres of distribution. The industrial centres may include some of the other building industries as some kinds of light woods. The latter could use as a primary material a large alternative fuel could be devised.

The statistics on different roof building materials in "Singerg", Manoufia, the "Rabaa-mea", Sharkia, and "Nagaa el Kava" is as follows :—

Modern buildings does not use these materials. The wooden beans could be used in

Village	Wooden beans plastered	Wooden plants and beans	Palm stumps plastered	Without roof
Singerg	88.3%	7.5 %	3.6%	6%
El Rafeamea	97.5%	2.54%	1 %	
Nagaa el Kara	15.6%	2.3 %	74.2%	5%

industrialisation of the materials into better products so that the pulling down, industrialisation and the building are done at the same time. The High Dam will limit the amount of clay in the Nile water. The present building materials will make up for the deficiency. In Dahshour the mud bricks buildings amount to 80 % of the buildings, in "Kanawat" they reach 65 %, in "Nagaa el Kara" (Aswan) in Upper Egypt, they amount to 89 % in "Rabaa-me'a" (Sharkia), they reach 97 % in "Sangery" (Manoufia) they go up to 90 % and finally in "Shatanouf" Manoufia, they reach 99 %.

Mud in Building

The use of mud as a new building material is still a compromising issue. The mud is a material that is good for isolation. It is easily moldable and quite inexpensive. It has been used experimentally in the new constructions. It was highly recommendable in the village of karsha. The mud however has some shortcomings, it is weak and is highly influenced by the natural elements such as winds rain subsoil water. It has been highly successful in Upper Egypt but not in Lower Egypt. Mud building cannot moreover, support the modern roofing. It is also difficult to use mud as an element of building in regions that are below the contour line 4 m. above the surface of the water because of the sub-soil water. These areas constitute 50 % of the Delta. Mud buildings, as has been proved by experience, do not fulfill the security requirements in the country. As to the physiological side, the eternal attachment of the peasant to the mud is an obstacle to his development. It has a great effect on his present house groupings and his environment. Hence the necessity of a total change, in spite of the various qualities of the mud as a building material.

If the mud from the old village is to be used to build the walls, a way of changing it into a better product must be devised. It could be mixed equally with sand or concrete amounting to 102 could be added to the mud. The mixture would then be pressed into moulds. This is called landerat. Lime in the same amount could supplement concrete. The

resulting product will be stronger in resisting dampness and will be less expensive and if lime is an element poor in attachment the moulds could be put in a mixture of concrete and water. If the necessary of sand is not available the mud bricks should be burnt to turn them into red bricks. The land could be made more solid by mixing it with mazout or diatol if the pressing and mixing machinery were available. The price of mud brick mixed with concrete amounts to L.E.4.010 a thousand bricks which is a little less than the red bricks whose price is L.E.4 and 50 per thousand units. Materials such as rice straw or plant stalks with a certain amount of concrete or some other chemical to make it more solid. All this depends on the weather, the land and the convention of the region.

To make the building easier and more quick the new building material could be made into cubes of 2.5 cent. This unit would be the determining factor in the measures of the various elements that make the rural house as has been done by the U.N. Technical Assistance Board in Libya. This is one of the fundamental basis of the building industry.

In "Shatanouf" the average space per house amounts to 2 m. 85. Such a house needs 3 m. 36 in walls that will take 2,520 units of cubes (25 cm. \times 25 cm. \times 25 cm.). The average number of the family living in such a house amounts to 4.5 the number of units per individual amount to about 550 units, which means that the planning unit in this region and whose population amounts to 15,000 individuals, is in need of an industrial unit with a production capacity of about 275,000 or 300,000 cubes a year if the comprehensive reconstruction of the country will take 30 years. Hence the size of the industry is determined on the basis of estimating the planning units to be about 1000 units.

The Roofs

The problem is different in connection with the building material of the roofs because of the lack of the primary material in the country. Roof building differs from that of

sense of life. The life of the urban dwellers is spent between walls which makes for the orientation towards the outside in windows, balconies and opened spaces. This is one of the laws of nature that opened spaces. This is one of the laws of nature that depends on the element of contradiction in its different aspects. The main streets that connect the various housing units of the village with its centre on the one side and the fields of work on the other side, should not lose their scale in connection with the one-floored buildings on their sides, at the same they should feel their way along the main streets of the village so that the village may not lose its planning type. As to the streets of the district or the housing blocks they take their way straight to the centres of activity in the village, the assembly hall, the mosque, or opened playground. As to the servicing streets, if they are to be found, they should take their way directly to the fields so as not to lose their main function as has been made clear by previous experiences.

The Planning Aspect of the Village

The planning aspect of the village is based on the peasant and his society who influence greatly the picture of the general planning of the village, its districts and sections. The rural aspect also derives its elements from the housing units that make up the natural nature of the village depending not only on the materials used but also on the natural, social and economic influences. These in turn determine the nature of the housing unit. The nature of the entrances of the roads, the streets, and the districts reflects the present aspects of the village and determines, at the same time, the special nature of the district and hence creates the special planning aspects of the village.

The Division of Housing Space

The different stages of the planning of the village will touch the whole nature of the village including its houses and ownerships. The executive steps should therefore be considered as one unit to be divided according

to the modern planning which stipulates the different kinds of housing units and their different collectivisations. It then estimates the basic value of the sites of the housing units to make sure that the total basic value does not surpass the basic value of the built area in the present village. These sites could be distributed to their new proprietors after the assessing of their first ownerships. The evaluation would be based on the new value of the ownership. This way the inhabitants share in the value of the public services such as the roads, streets, and public squares. They must also take part in the construction itself. The peasant has shown a favourable reactions because of his appreciation of the technical and material aids the state offers in this field.

The Building Industry

The two sides of the problem of housing are the future of the village and the building industry. The future of the village has had a lot of attention but the building industry has received little attention. The building industry is divided into two parts. The first part includes the local materials for building the general frame of the house such as the walls, roofs and floorings. The other part includes the appliances such as the window and door units, sanitary appliances, heater, etc. The size of the building industry is fixed by the building needs and the different stages of their execution. The location of these industries depends on different conditions such as the nature of the productions and their distribution in the different construction areas. The elements of the working force, the energy, the financing and the subsidiary industries may be added.

The Primary Materials

The rural reconstruction is to be comprehensive and will be based on the rebuilding of the village. The village today is the main source of primary products. In the light of this fact is determined the study of the size of the primary products for the present building of the village and the possibilities of the

spendings are on the following items: beans, meat, fish, vegetables, sugar products, oil, lard, dairy products and cheese. The expenditure on clothes amounts to 8 %, on furniture 1/2 %, and on grains, starches and bread ingredients 20 to 30 %. The rest is spent on addictions health treatment, amusement, etc. The present picture of the trade services in the village gives us a basis for determining the size of the different shops in the village. In Sakana (Giza), whose populaion amounts to 11,432 (1960) we find the trade services distributed in this fashion:

16 groceries, 4 clothes shops, 2 barbers, 12 tailors, 2 shoes, 2 vegetables, 1 butchery, 2 bakeries and 11 commercial shops. The village has trade ties with the Badrashin which has resulted in its small number of shops. In "Kanawat" Giga (population 6,258, 1960) a rural town, the trade services are distributed as follows:

Shops	Number
Groceries	42
Tailors	8
Ironers	1
Shoes	3
Plumbers	3
Butchers	11
Vegetables	5
Fruits	3
Furniture	3
Concrete	3
Kerosene	1
Flour	2
Brass workshop	2
Animal food	5
Restaurants and cafés	4
Total number of shops	96

The rate is 16 shop per 1000 individual. Comparing this to "Dahshour" (Giza), population 11,768 (1960), we find that the shops in it are distributed as follows:—

35 groceries, 18 cloth shop, 10 barbers, 1 public bakery, 1 mill, or about 75 shops, or 15.7 shops per 1,000 individuals.

In "Shatanouf" (Manoufia), population 5,200, we find 65 shops or 13 shops per 1,000 individuals.

From these statistics we can assume the average number of shops in a village to be 75 shops per 5,000 individuals; distributed like in Kanawat and Dahshoud 50 shops go render the main trade center and 5 as subsidiary shopping centres for every 1000 individual of the different village districts.

The Industrial Units in the Villages:

Seeing that regional planning makes for an Agricultural Industrial Unit; the villages that depend on the central village should have some manual industries according to the conditions of the economic and social environment. The industrial unit in the rural town may comprise the following industries: dairies, weaving, yarning and spinning of wool, leather, palms, fish, carpets. It could also include some building industries like carpentering, blacksmithing and the production of ready-made units for building. The Industrial Units amount to 1,000 and the centres that service 100,000 individuals amount to 180 rural industrial centres.

The planning of the village and the different stages that it undergoes on all levels rural town, village and "isbas" have been already dealt with the planning of the residential areas in the village is influenced by the work and house environment of the villagers. The tendency of rural planning is different from that of urban planning. The peasant finds in his opened-to-the-inside house whose openings are narrow on the outside, a contradiction to his out-of-doors life in the open fields. The housing block or districts are therefore based on the inward sense of life. The same outlook influences the general planning of the village whose life is oriented towards the inside. Hence the element of contradiction between the life in the opened fields and the enclosed villages and its housing blocks, is secured. This is contrary to what happens in the city with its outward

increase in surface in the present housing that could be directed to other uses in the village. That is without considering the possible change in population, as has been stated before, within the rural regional planning.

If we consider that the total surface housing in the new village is about 60 % of the total village surface, the surface of the village in its new planning will amount to 2 m. 130300 or 28.6 acres with the saving of 6.4 acres or 18.2 % of the present village surface this space could be made the centre of the village with all the services collectivised in it.

Appartment Buildings in the Country

There may appear in Shatanouf a new kind of housing with many floor if the elements of construction allow.

If the elements of construction allow it, a new kind of housing with numerous floors will appear in "Shatanouf". In this it will be similar to urban economic housing which comprises housing units that comply with the workers' needs in the services trade and direction. If we consider but one half of the necessary units for these constructions, that is 186 units per a villag like "Shatanouf" distributed on four floors we would get a space of $(13950-548705) = 8463$ sq.m.; or 2 acres that could be added to the central part so that it would reach 8.4 acres.

Educational services in the Village

The services of the village are then determined on the basis of the different needs. In the realm of education we find that the students from 6-12 in beginners schooling amount to 150 students per 1000 persons or that the village needs one beginners school for every 2,000 persons. The students in the primary schools amount to 40 students per 1,000 persons or that the country needs 1 primary school of 360 students per 9,000 individuals. The school is also considered as an athletic centre in the village.

It has been found that a large number of

beginners and primary students go to town for their school. A matter that should be considered in planning so as to reduce the towns density of population. The employers, teachers and others working generally in the country should be encouraged to live in it, by procuring for them the suitable housing as well as making communication between town and country easy. Hence appears the needs of apartment building in the country.

Health Services in the Village

The village for its health services depends on the rural hospitals and the health units in the central housing units. This makes the health services distribution depend on regional planning.

Social Services in the Village

The collectivised unit that serves about 15,000 individuals is the centre of social, cultural and sanitary services of the planning units which should also include the administrative services. This does not stand in the way of having social centres in the villages that are dependent on the rural town as a centre of a planning unit. The rural town needs a veterinary centre, an agricultural illumination centre, other than a co-operative centre, a village bank, an assembly hall, a mosque which would all be united in a public square.

Trade Services in the Village

The trade services of the village differ according to their regional distribution and their distance from the town or the different weekly markets. The size of the trade services depends on the purchasing capacity of the villagers which in turn depends on their incomes. In "Bernsht" (Ayot country) "Om Kanaan", "Il Shoubek el Gorby" (Baderashin county), more than half of the families spend L.E.7 monthly and 35 % spend between L.E. 7-10, 12 % spend L.E.17 and 3 % spend L.E.33 a month. The average of spending ranging from L.E.1-2 a month, 30 % or 50 % of the

Village	Number inhabit.	Average number of floors	Surface village	Surface built in housing 75 % from the surface of the village	Surface of village	Surface per individual	Number of persons per house
"Nagaa el Kasa" Aswan	1850	1.2 that is 1.7 floors	7.50 acres	2 m. 125	2 m. 25280	2 m. 3.7	4.3 per house
Singerg Manoufia	7500	1.3 or 1.1 floor	56 acres	2 m. 114400	2 m. 125840	2 m. 16.8	6.9 per house
El Raameaa Sharkia	900	1.54 or 1.18 floor	6 acres	2 m. 18900	2 m. 22400	2 m. 25	4.4 per house
Shatanouf Manoufia	550	1.3 or 1.1 floor	5 acres	2 m. 110250	2 m. 121275	2 m. 22	6 per house

Number of Housing Units	Surface of Housing Units	Total Surface
14	2m.150	2100
21	2m.135	2835
40	2m.120	4800
127	2m.60	8220
276	2m.70	19320
127	2m.100	15070
93	2m.60	5580
186	2m.75	13950
93	2m.100	9300
New Housing Surface in the village 2 m. 72175.		

mea", Sharkia, "Dahshour" and Kanawat Giza 1, and in Sakara, Giza, the percentage is less than 1. This means that there are uninhabited houses in a village like this. In "Awaga" 45 houses out of 530 are uninhabited and the percentage of buildings for housing in it is 85 % of its buildings and these comprise 85 % of the surface of the village. The housing space then amounts to 72.25 % of the village.

Housing Space per Individual:

The space in housing per individual differs from one village to the other as is clear from

the following chart on the basis of considering the average number of floors to a house and that the first floor occupies 33 % of the surface of the house.

The average persons per house in Shatanouf amounts to 6 the average space for individual is 2 m. 132. In Nagaa el Kara the average space of house is about 2 m. 59 and in Singerg it amounts to 2 m. 116 and in Rabasmea to about 2 m. 110.

The Size of the New Housing

If we look at the statistics of the numbers and sizes of housing units of different measures in Shatanouf, Manoufia, and if we add to them the measures in the following chart, we can determine the space of the housing on the basis of a house having only one floor.

If the number of individuals in the village amounts to 4335 after the excess over the cultivated land capacity is cut off. We find that housing surface per person is about 4.3 that the average new housing space amounts to 2 m. 72 and that it can reach 2 m. 85 if we add the space of the wall to each house.

From this it is clear that the average house surface in a village like Shatanouf Manoufia is about 2 m. 132. The average new housing surface is 2 m. 85. This means that there is an

137/25 % large housing unit of 3 rooms, services and yards.

372 93/25 % small housing units of 1 room and services.

186/50 % average housing unit of 2 rooms and services.

93/2 % of 3 roomed housing unit and services.

The size of the housing district in the village will hence be determined by the needs of housing in the different work sectors of the village.

In "Awassa", "Sharkia" (2,500 people), the families owing from 5 to 20 acres (because there are no larger ownerships in this village) need the following housing units :

A.—Family of 4 or less :

1 room 2 m. 15 — 2 rooms 2 m. 25 and 2 store rooms 2 m. 15 + stable 2 m. 15 + bath quarters 2 m. 4 + yards 2 m. 16 and kitchen 12 m. 14; the housing unit amounting to about 2 m. 100.

B.—Families of 6 or more :

1 room 2 m. 15 + 3 rooms 2 m. 35 + 2 store rooms 2 m. 15 + stable 2 m. 15 + bath quarters 2 m. 4 yards 2 m. 16 + kitchen 2 m. 14. The area of the housing unit reaches 2 m. 115.

As to the families that own each less than 4 acres or renters their needs are :

A.—Families of 4 or less :

2 rooms 2 m. 25 + storing room 2 m. 19 + matbane (room) 2 m. 12 yard 2 m. 16 + the bath quarters 2 m. 4, the kitchen 2 m. 4, the stable (if there) 2 m. 15. The space of the housing unit reaches 2 m. 85.

B.—Families of 6 persons or less :

3 rooms 2 m. 35 + storing room 2 m. 9 mathbana (room) 2 m. 12 + yard 2 m. 16 and the bath quarters 2 m. 14, kitchen 2 m. 9, the

stable (if there) 2 m. 15. The space of housing unit reaches 2 m. 95.

As to the families that do not work as agricultural labourers or in different services in the village, their needs run as follows :

A.—Families of four or less :

Hall 2 m. 10, 2 rooms 2 m. 25 + bath quarters 2 m. 4, kitchen 2 m. 4. The space of the housing unit reaches about 2 m. 50.

B.Families of 6 or more :

Hall 2 m. 10 + 3 rooms 2,35 + bath quarters 2 m. 4 + kitchen 2 m. 4. The space of the housing unit reaches about 2 m. 60.

The people of the "Awassa", Sharkia, once more and in a general fashion estimate the different levels of the housing units in the village in the following fashion :

30% of families each having a house unit measuring 2 m. 145.

20 % of families each having a house unit measuring 2 m. 100.

40 % of families each having a house unit measuring 2 m. 70.

Hence the peasant always simplifies matters even when dealing with problems. A matter that should be considered in the determining of the size of housing on the basis of the economic and social future of the village.

The Present State of the New Housing

In the light of the previous studies we can determine the relation between the natural formation of the village and the new housing. This is done on the basis of the average housing per person. If we take the biological basis of the family as basis of the housing unit, we will find that the complex family is the basis of the housing unit in the present village. The average family number per house in "Awassa", Sharkia, reaches about 1.3 families per house, in "Shainanouf", Manoufia, 1.45, in Sangeog 1.5, in "Naga el Kaha", Aswan, "Raba-

The interior yard if it is found in a modern house could not fulfil all its former purposes. Therefore the purposes of the yard should go in two main directions. It should be an extension of the living quarters of the house. The windows should overlook it from the inside so that the big opening from the outside be limited to secondary openings for ventilation. This tendency will influence the type of interior openings, either doors or openings, either doors or windows and will full down the construction prices. Also, security inside the house would be achieved. The exterior openings will be small securing ventilation before light. This is a field for subject studies which will determine the sizes, the materials, the fabrication and distribution of windows and doors.

If the stable is to be placed in the house, two yards should be used. The first will be for animals, poultry and machine storage. The stable and the storing room will open on this yard. The second yard will be used for daily living. On it will open the bedrooms and living rooms. They may be connected by an almost covered corridor having on its sides the kitchen, storing room and bath room. This way the service passage will be separated from the principle part of the house. The service passage could be eliminated and one passage only used. Some similar designs were executed in the reclaimed region of "Abbis"

The Standard of Crowding and The living rooms:

If the social formation does not influence the previous elements of the rural house, the size of the living and sleeping quarters, are determined by the different sizes of the families, and their living needs in this region as well as the extent of elasticity of extension of this region, so as to meet the social development of the complex family. The problem of housing in the country does not be so much in the rate of crowding as in the bad state of housing. The rate of density amounts to 2 persons per house. It is possible to retain

this reasonable standard in the new housing. The meaning of this is that a family of five or less needs two rooms while a family of 6 or more needs 3 rooms. The families work in the different sectors of agriculture, commercial services, agricultural industry or public services. One of the 3 rooms could be used for reception. Hence it should be placed beside the door. The living quarters may be extended from inside the rooms to the living yard which may be covered with a shed covered with growing plants.

The measures of the rooms range between 2 m. 15 and 2 m. 29 according to the income standard and the housing needs in the different work sectors. These rooms can support an upper floor in future in a vertical expansion meeting with the living needs of the complex family and to limit from the expansion of the village at the cost of the cultivated land.

The size of the Housing Unit

On the basis of this analytical study of the elements of the rural house, the size of the housing units may be determined. These sizes will be homogeneous with the different sizes of families in the different agricultural works, as has been shown before. Hence the size of housing of the village will be fixed. Of a village like "Shatanouf" a picture of housing could be drawn. In the light of the previous studies in the following fashion.

- 14 Big housing unit with storing room and stable separated from the house and a housing block for agricultural labourers.
- 61 21/30 % housing units of 3 bedrooms with stable and bath quarters and yards.
- 40/702 large housing units of 2 rooms, stables, storing room, bath quarters and yards.
- 550 137/25 % small housing unit of 1 room and services.
- 276/50 % average housing units of 2 rooms, services and yards.

The Position of the Stable in the Housing Unit

The position of the stable differs from one village to the other. In "Kanawat", "Giza", the houses having stables amount to 23 %, 76 % in the "Rabaamia", Sharkia, 77 % in "Singerg", Menoufia, 53 % in "Nagaa el Kara", Assuan, the stable comprising 15 % of the area of the main house.

The position of the stable depends on the different sectors of the agricultural whole and to the extent of the use of motors and pumps in co-operative irrigation or tractors in co-operative farming or large estates. In both sectors the function of the animals will be limited to reproduction. The relation between the peasant and his animals would be weakened from its functional aspect and also if he was convinced that it received sufficient care and that its production was marketed co-operatively. The opinions of the peasants differ on this account. In "Awassa", Sharkia, some peasants agreed to the separation of the animals and their collectivisation in the collective stables if they had sufficient assurances of their being in good hands, some peasants agreed that the animals should be collectivised if the peasant retained his stable and if collective stable could be placed in a central location and finally some peasants wanted the stable to remain in the house. Hence the rural house in future may not be built on the basis of the present economic and social situation of the peasant which also determine his culture and beliefs. They will base themselves on the future social and economic conditions which will be determined by the rural planning to be executed after a period of illumination.

In the sector of family farms, the position of the stable may remain a completing part of the rural house, even if the use of animals was restricted to reproduction. If the industrial developments in the state could give the peasant electricity and machinery that could limit the animal functions to animal productions, animal production would be greatly increased. Here we should compare the value of animal productions and the expenses of

irrigation and cultivation by co-operative machinery. The animal value would complete the cultivation value of the economic being of the village.

The value of the animal capital in the Egyptian countryside changes according to the natural and cultivational conditions of the village. In "Kanawat", Giza, we find that the animals per family (70 families) amounts to 3 in cattle, while in "Sakara", Giza, it amounts to 2.8 heads of cattle and 2.8 heads of sheep and 10 hens. In Dahshour, Giza, the statistic is 1.8 head of cattle, 5 of sheep and 7 hens. The average of animal possession per family hence amounts to 2.6 heads of cattle, 1.6 heads of sheep and 8 hens. On these basis the size of the stable and poultry quarters may be determined. They may be either interior or exterior. With the problem of the stable and its relation to the house appears the problem of the fertilisers and its deposition either inside or outside of the house which results in the village uncleanness. This problem may be dealt with by storing the fertilisers in special pits beside the fields. The co-operative or collective stable will avoid the shortcomings of the in-door stable.

The Position of the Yard in the Housing Unit

The stable is sometimes connected with the yard of the house or a special yard for the stable. Hence the importance of the opened yards as an element of the house. In "Magaa el Kara", Asswan, there are interior yards which are to be found in 102 of the Rabeanea houses and 6 % of "Singerg" houses in Manoufia.

It is difficult to differentiate sometimes between the opened and almost closed yards. The latter are more numerous than the first. The yard serves many purposes. It serves for airing, washing, cooking, raising of poultry, machine storage, and has an oven for summer use. The interior yard is hence used of different purpose which lead to the low standard of cleanliness especially if it were used as an animal stand. The interior yard comprises 20 % of the total space of the house.

pure water per person has increased from 4.6 to 2 in 1956 to 8.6 in 1961. The problem of the water storage in the rural house arises and the possibility of the use of its waters from the W.C. quarters, bathrooms or the kitchen. This may be done through the construction of a tank for water at the high of 2 m. in a central place, between the W.C. and bathroom. It could be filled by hand and two pipes are attached to it on the end of one a tap and on the end of the other another tap or a shower. The feeding of these tanks could be done co-operatively through the use of a small car that brings the pure water from the source of pure water in the city. The tank could be directly connected with the pump if it exists. In "Kanawat" 75 % of the families take their water from the public pumps, 20 % from the private pumps and 1.5 % from private taps; the rest of the percentage, amounting to 3.5 % from the water of the canals. The use of water tanks decreases the use of other means of water storage, like the *zeer*, or *pistella* or *balaas*, etc. In "Kanawat" 58 % families use *reer* storing for water. 19 % families own *pistella* for water storage and 9 % families use the *balass* and the rest use pots. These conventional storing recipients are one of the elements of the low sanitary standard.

The size of Storage in the Housing Unit

If the need for W.C. is not greatly influenced by the economic or social formation of the family, the need for storage room vary according to the different social needs. The storage in rural houses is divided into two divisions. One for agricultural products like hay and grains and the second for daily use like milk, rice, fat, or household utensils. In the "Awaga", Sharkia, the houses whose owners have from 5 to 20 acres contain a room of 2 m. 15 and a storing room of 2 m. 9. The houses owned or rented by owners of less than 4 acres contain a room of 2 m. 12 and the stored products are put in another bedroom. As to the third type of storing room that is used by the labourers or employees in services, trade or education, it is small of 2 m. 9 and is

restricted to the daily storage of grains, food and utensils. The houses of the large estate owners of more than 20 acres and the storages attached to it have special significance. It may be separated from the house with the stables. Above 95 % of the roofs of the villages are used for storage of dry plant or straw of rice or dried corn or wheat. The inner yards are used for storing the agricultural machines.

Hence the problem of storage in the rural house is an important factor in its natural formation. If it were possible to eliminate some of the items stored or to change its formation it would result in a change in the use of the spaces of storage in the rural house. If the corn stalks could be pressed after it was cut and made soft and some chemical products added to it so that would it uphold the cubes that would result from the pressing, it could then be stored beside the kitchen or on the roof. The same could be said of the rice stalks. These fuel items could be done away with if the industries that could use it as fuel were to be founded. These industries use paper and wood to make light building materials. Such industries would be founded by the center of Agricultural Industries. These centers serve 100,000 people. The return from these productions would be exploited in other ovens of the kind that the Ministry of Provisions has asked the Military Factories to produce. This would eliminate a very important element of fire and would stop the deterioration of cleanliness.

The planning of the house should be generally done on the size basis and not the space basis even if the peasant is forced to use the ladder to reach the high places.

The storage of hay is connected with its use as forage. The animals are related to the use made of them in turning the *"tabout"* or *"sakia"*. This use and the use of dung as fertiliser influence the position of the stable in the country house.

the peasant. The fuel rural problem still stands. We find that the percentage of the families using kerosene heaters augment as the village become nearer to the city. In the "kanawat" village Giza 45.5 % of the families use the kerosen heater and 24 % the fuel "Kanoun". This is contrary to what we see in most of the Egyptian villages where the rate of the fuel users amount to 90 % of the families of the village.

A great deal of research was done on the Egyptian oven to evolve it and to avoid the smoke that rises from inside, the danger of fire, the loss of a great deal of energy and the preservation of fuel but all these experiments were made on the basis of the use of the present fuel, the stalks of corn or cotton, and not on the new type using a new fuel. These experiments were made for the benefit of cooking and not heating that may help in future to cover up this side of the function of the oven. All these experiments were made on basis of considering the level of work of the rural woman at zero that is the level of the flooring which must be corrected by raising it to 85 centimeters above the surface of the flooring as is done in some of the experiments in the rural ovens in some West African countries where there is sufficient space for storing of the elements of fuel and other places for keeping the pots which raises the rate of cleanliness in the house and raises the physiological being of the peasant from the floor. At the same time, we would save the animal dung for its use in fertilisers instead of drying it up for fuel purposes. This change from another point of view will lead to the imperative use of the table instead of the "Tablia". The "tablia" does not contain a special place in the house, the table could be attached to the wall and could be either closed or opened according to the needs. Hence there opens new realms for the evolution of the rural oven in the housing rural unit. This is one of the study cases in rural housing.

The Position of the w.c. in the Housing Unit

Let us turn to another important rural factor. The rural W.C. has been subjected to

various experiments to find the cheapest ways of building it, using it and of getting rid of its discharges. These studies, however, have not tackled the position of the W.C. in connection with the place of bathing and washing. The problem of the W.C. is of primary importance from the sanitary point of view. Its relation to the other services may influence its position in regard with the other factors of the house. This problem also forms one of the kinds of study cases of rural housing.

The analytical studies in "Miyt Gamr", "Giza", prove that 25 % of the houses have W.C. and this percentage may reach 30 % in a village like Kanawat Giza and decrease to 20 % or 15 % in many of the villages that are far from the cities. This means that 75 % of the villages do not have W.C. This should be considered and the parts that form the rural W.C. should be industrialised and distributed in different forms. Fit latrine with which the peasant can make use of this discharges as fertiliser and Bared-Hole latrine which is the type that uses holes or a better type like the septic tank private whole in which the discharge could be used as fertilisers, the Septic toilet if the building space is sufficient, the Agna latrine if the peasant takes good care of it. All these latrines have evolved in the use of New-Thick latrine that could serve with its well and trenches for the evacuation for a large number of W.C., bathrooms and washing rooms making imperative its use in the near villages.

The Position of the Bathroom in the Housing Unit

The percentage of bathrooms is lower than W.C. in the rural areas. In the village Kanawat Giza, 30 % of the houses have W.C.s but only 1.6 % bathrooms. In "Nagaa el Kara", Aswan, 1.6 % have W.C. and 2.8 % bathrooms, in "Singers", Manoufia, 80.7 % have W.C.s and 1.32 % have bathrooms, in "Rabemea", Sharkia, 20.5 % have W.C.s and 5 % bathrooms. This shows the importance of the evolution of the rural W.C. to incorporate a place for bathing and washing especially when the use of

the animal possessions and also according to the social formation of the families.

The Position of Furniture And The Housing Unit

The rural statistics give us a picture of housing in the country. From it we could draw the size of the housing problem in connection with the living side. The village "Mannawat", "Giza", has 27 % of its houses containing beds and 22 % containing mattresses, 5.5 % have carpets, 32 % have "hassir", 38.5 % have cupboards, 13 % have chairs and 70 % have wooden boxes. This means that 33 % of the houses have beds mattresses "hassir", wooden boxes, closets, and that 1/3 of the houses do not have the necessary living means. This percentage differs from one village to the other according to the income of its members and which reaches in this village L.E.22 a year. Hence appears the need for built in furniture in the new plans and the upholding of the furniture industry.

The Position of Oven in the Housing Unit :

As for services, the village of "Nagua el Kava" Aswan has in 100 % of its houses ovens whereas this percentage is 70 % in the "Rashamean", "Sharkia", and 97 % in the village of "Singerg", "Manoufia", and 37.6 % in the village "El Manawat", where there is a bakery. Likewise in the village of Dahshour where the bakery produces 40 % asks of the daily bread. The readiness of the inhabitants of the villages near the town to buy bread from the bakeries is greater than those that are far from it, where they depend on the family oven.

The oven is not limited to baking the bread but is used for warming the rooms during winter. The oven represents one of the elements of the housing unit plan. It represents at the same time a great danger to the village in addition to what it causes in bad ventilation and smoke. The position of the oven in the new house is determined by the standards

of housing that will fit in with the new social formations that the new agricultural formations will create. This goes for those who come under the co-operative cultivation where the reason for the being of the oven is negligible, there being other means of heating. The same is true of the labourers that work on large estates. As to the family farms, their need for the oven will remain so long as the co-operative bakery has not justified itself in the village.

The conventions in the village are apparent in connection with the oven, the baking of the bread and the attitude to the co-operative bakery. It is a mistake to consider rural conventions that stand in the way of progress for which the new planning aims. If conventions are still strong though the contrary has been proved in the village of "Awaga", "Sharkia", it should not continue so in the future development of the economic and social life of the peasant. We must here state the importance of rural illumination and the preparation of the rural society for the new planning. If we give the peasant more bread in the bakery than he would get from his home oven he would no doubt be attracted to the bakery. Hence we would make equal the treatment of the rural dwellers and the urban dwellers by the state who shares part of the expenses of the bread. The straws on the roofs could be then dealt with either by storage or industrialisation. It is worthwhile here to mention that the Ministry of Provision suggests the use of Mexican type ovens that could bake bread made of wheat and corn of the type that is used in the country. The oven costs about L.E.200 and its productivity amounts to 1700 loafs of bread an hour. Calor gas could be used as fuel.

The Means of Working in the Housing Unit

Besides the oven, there are problems of cooking as in the use of the fuel "Kanoun" or the kerosen heater, etc. The position of each depends on the abundance of the fuel necessary for each and its value in connection with

The fate of the increase in population

If the agricultural land of this village cannot maintain more than its present inhabitants at the present time, it cannot maintain more in future. Hence any new increases should come under the national planning so that it would be absorbed by agricultural industries in small units of 15,000 persons and in the larger centers that serve about 100,000 persons. It could also go under the immigration to new cultivation areas or industrial production centers. We must mention here that the new agricultural divisions will help to a large extent to decrease the size of the rural family.

The Social Formation of the Village:

A close study of the family sizes on the basis of which we could determine the different rates is necessary, so as to plan the habitation units either within the village or outside it in the new habitation blocks or the new "isba" that are dependent on it. It has been found in the region of this village that the percentage of the family that is made up of one member is 7.6 % of 2 persons (2 % of 3 per 15.4 % of 4 per 16.9 % of 5 per 15.1 % of 6 per 11.4 % of 7 per 7.6 % of 8 per 4.5 % of 9 per 2.7 % of 10 per 3.8 %. On the basis of these statistics we can form the average statistics of family members as of three sizes small, medium and large. The percentage of the families that are less than 3 persons amounts to 21.8 %, the medium sized families amounting to 2,3, 4,5 reach 47.4 %. As to the families whose number is above 5 persons they amount to 30.8 %. If we foresee the disintegration of big families in future which would raise the number of rural families, we could say in general that the small families percentage is about 25 %, the medium-sized about 50 %, the large about 25 %. On these basis we could have the percentage of the 3 different housing plans for each of the different groups of people that work in agriculture.

We must mention, here, the difficulty of social analysis and whether we depend in this

planning on the biological formation of the family or the complex families which vary from one village to the other according to the economic, social and natural condition. In the village of Sakara in the Giza we find that there is less than a family for each house, that is uninhabited houses exist. In Dahshour each family has a house, 1.1 family to a house in "the Kanawat" and 1 family to a house in "Nagar el Kada" near Aswan. These percentages increase in the centre of the Delta and its south and decrease as we go north east or west. The average house contains 1.5 families in Langeog, "Manoufia", or 1.45 families in "Shatarioud", "Ashmoun". In the "Rabaamea", "Minia el Amili Sharkia", the rate goes down to 1 house per family. The rural housing should nevertheless be planned on the biological formation of the family while giving the house the chance to expend vertically to meet the complex families that live under one patriarch.

We must state here the extent of the influence of the complex family on the rural house, especially after the death of the patriarch. The house then submits to changes and divisions according to the biological division of the complex families. The land of rural housing should in future put an end to all that or at least restrict its practice.

The Living Necessities and the Elements of the Housing Unit

The study now deals with the necessities of the individual in the different agricultural sections. Hence are determined the role of the house in its three elements service, storage and stable. The analysis of the present house of the peasant may be the basis of making clear in general the living necessities. Hence we could determine the necessities for the new rural formation. Since the previous studies have only dealt with the general aspect of the rural house, we should fix the spaces of the houses and their sizes as well as what they contain according to the rates of income per rural family that are determined by the land owner slip as well as

living and the extent of the left-overs, the new social division will be determined in the different regions for those who plant the land as well as for those who work in agricultural industries.

It was found that in the county of Ashmoun south of the Delta 63% of the population work on the land 2.2 % in light industry and 8.8 % in personal services and 20 % are unemployed. In the agriculture the increase on cultivated land amounts to 50 % in larger districts and 30 % in the smaller ones.

The percentage differs from one village to the other according to the amount of the land cultivated and then the difference in the supposed number of the owners on the basis of 5 acres per person and the small owners and the supposed number of large estate owners. We find that 94 % of land owners own less than 4 acres and the income is no more than 200 a year and 4.2 % own what could make family farms of 4 to 20 acres and 1.6 % own more than 20 acres on which work land labourers. 70 % of the owners of less than two acres work also on the larger estate of the land is rented by people who have no land ownership. If the new rural planning will be drawn to the rehousing of what the land can maintain and within the new agricultural formations that will ensure the maximum production, we find that a village like "Shatanouf" of 5230 inhabitants is overcrowded by 895 persons. These with the percentage of people in Ashmoun that do not own anything and that amount to 35 % of its population should be put up for redistribution in the national habitation plan.

The excess amounts to 302 and 502 of the population of the village. We cannot cut this excess only from those who work on the land as owners or renters neither can we do so from the excess of those who are unemployed and that amount to 1000.

The future of the village as a basis for rural planning becomes clear. The population of

the village will be about 4335 persons of which 2730 work on the land and the rest amounting to 1605 in agricultural industries, communications, trade and services. If the village is to have 624 landowners of whom 550 owners own ownerships of from 4 feddans amounting to 548 acres equaling 30 % of the cultivated land. 61 owners own ownerships of 4.19 acres that is 22 % of the land. As to the rest which constitutes the large estates they amount to 870 acres that is about 47.5 % of the surface planted. On this work the agricultural labourers. This percentage is near to that of the village of "Minwat" where 75 % of the population own less than 5 acres, 11.6 % own between 5-25 acres, 1.8 % own more than 20 acres, and 11.6 % own nothing, 9.7 % are owners, 15.1 % renters, 16.6 agricultural labourers, and 58.6% work in other things.

We can now determine the size of the different agricultural sectors and their social formations. If an owner represents one family of an average number of 4.3, we may consider the number of families that would live co-operatively after the collectivisation of their lands to amount to 550 families. The families living on agriculture are 61 families and 14 families have large ownerships, and as has already been said before, 70 % of those owning less than 2 acres work also on the large estates.

Hence the problem of housing in the village is limited to these groups

550 families that fall within the realm of co-operative cultivation and that furnish the large estates with labourers.

61 families work in the realm of family farms.

14 families own large estates on which work the agricultural labourers.

373 families work in agricultural industries, services, trade and communications.

Each of these social formations has its living necessities that determine the size of the convenient housing unit.

animal fertilisers. Suitable places for storing the dried straws have been studied. Also the creation of fixed furniture has been contemplated. All however are studied on personal and local standard.

LONG RANGE AND SHORT RANGE POLICIES

The rural reconstruction goes under the long range planning. The improvement of the Egyptian environment may be included under that of the short-range especially in the range of evolution of the unstable elements in the rural house which come before the oven, furniture units, the elimination of straws and the evolution of the village planning on the basis of future plans.

THE HOUSING EXPERIENCES

The experiment may develop into making models of new rural houses with different sizes to suit different levels of rural inhabitants especially in new cultivation areas and new expansion of some villages that have met with misfortune. These experiences may be taken as a field of research of the changes these houses undergo according to the different uses of the owners. To be studied also are the different building projects in the regions of Inchass, Zaafasaan, Abis and the Liberation District, Kafr Saad in which the villagers have tried to create some of the aspects of their old houses such as closing the outer openings of the new houses, paving some of the open yards not using the backward service streets or again trying to build new ovens in the houses because the peasants did not accept the centralised ovens and stables. Hence the importance of preparing the new inhabitation for the acceptance of the new buildings is clear. They should also be made to understand the importance of the extent of the evolution that their social formation will subdue in the future. There should also be enough space for expansion.

THE SITUATION OF HOUSING

The natural survey of the villages that has been made found that the majority of the Egyptian houses are not in a state to perform the functions of housing completely namely to be a resort, a place of security, sanitation, and moral peace. The building materials no doubt show the state of housing in the country. We find that 80 % of the houses of a village like Mashour in Giza are built with mud bricks and also 65 % of the houses of the village of "Kinawa". The percentage of buildings in "Kinawa" of red-bricks and stones reach 29 %. The village of "Nagaa El Kara" in Aswan has 11 % of its houses in red bricks and stones and the remainder in mud bricks. These aspects change a little in the Delta, we find that the village of "Shatanouf" in the county of Aswan has 99 % of its buildings of mud bricks, that of "Singarg" in the county of Manouf 90 % and that of the "Rabamea" in the county of "Minia El Kamh", Sharkia, 98 %. The same could be said of the nature of house flooring as well as the roofs that carry piles of straw and animal dung.

These statistics mean that 95 % of the houses in the villages are incapable of performing their job in the future life of the peasant. Hence the extent of the problem amounts to 4200 villages and 1500 "isbas" and "nagaa". The matter should be considered on national level. The density of housing reaches 2 persons per room. The problem however does not lie in the space but in the quality of housing.

The New Divisions of the Rural Society

The future of the habitation problem is connected with the future of the village. Likewise the new divisions of the rural society in its different aspects will determine the size of the problem. In the light of what has already been studied in agricultural divisions and the increase of the density of population on the cultivated land and its relationship with the standard of

economic and social circumstance will not be much altered either.

The second direction draws the general plan of village building within a certain period of time. At the same time it determines the various executive stages of this plan. The pulling down of sections and rebuilding them would be one alternative. The other to build out of the village new building to which the village would gradually move. This conception depends on the social formation of the village as a basis for natural planning. It nevertheless, does not touch the economic basis of the village and hence its social fundamentals. This in the extent of the population pressure on the use of the land and balancing the number of workers on it with its production value, so as to ensure for the village a reasonable standard of living. Also, the way the land is cultivated, in its present agricultural division and future divisions under various technical and economic agricultural directives. The conception of village planning once more changes towards building on a clear economic basis.

Whatever plan is to be executed depends on its final success on those who are the prime benefiter of such planning namely the peasants. On their co-operation and comprehension will either stand or fall these projects. Not only is their co-operation in the execution of the plans needed, but also an evolution of their living habits that would upkeep the new projects. A sense of public responsibility should also be cultivated. The propaganda organisms helped by the popular organisations should make clear the project and its aim to the peasants so as they could be prepared to the idea of living in these new constructions.

The fate of the village and the extent of the peasants cooperation will also determine the future of rural housing.

The Future of Rural Housing

The housing units vary according to the difference of the fertility, the type and production of the land in either Delta or the

North of Egypt. The house also differs in its formation and size from one part of the country to the other according to the housing needs. In the South and Center of the Delta large and two-storied houses abound, the size and the two-storied houses decrease as we go to the north, east or west of the Delta where the land is less fertile and the size of the housing groupings decreases and its decentralisation increases as well as the distances between the houses. The building materials also change with the region according to the climate, the nature of the land and the sub-soil water.

Hence the general formation of the land changes with the economic and social status of its owners. The attachment of the peasant to his land and home increases with the increase of fertility of the land. Hence this attachment decreases as we go to the north, east or west of the Delta. The size of the family also decreases with the decrease of fertility. The habitation units become more decentralised and the house becomes smaller in size. The problems of rural housing change from one place to the other. Hence our need for regional planning becomes more important.

THE IMPROVEMENT OF THE ENVIRONMENT

The study of a large number of villages has been limited to a survey of the economic, social and natural aspects of these villages so as to draw a clear picture of the housing problems. The researches then started to draw up some basic principles for the improvement of the Egyptian rural environment interior or exterior without paying attention to creating a criteria for directing rural housing. The housing improvements were limited to the improvement of some important aspects of the rural house such as the flooring, oven W.C. or making use of materials to treat the superficial waters that affect the foundations of rural houses. The improvement of the inside-the-home-stables have also been handled as well as finding suitable places for the

future developments is a matter of vital importance to the future of the village. The villagers of "Awassa" ("Sharkia") have shown their capacity of understanding the new planning of the village. They have also shown their favourable reaction to the new developments that could change their environment.

The peasant has shown his readiness to change his surroundings, if a convenient substitute could be found. In this study I am completing my previous studies in regional rural planning that will determine the future of natural rural planning.

These studies are based on the statistics and informations that were published by the Permanent Congress for Public Services of the Giza Governorate and the previous researches of the Department of the Fellah in the Ministry of Social Affairs. They are likewise based on the pamphlets and publications of the International Centre for Basic Education in Sers el Leyan, my former papers in the fields of rural planning and lastly on my connections and personal experience in the village of El Arwasia (Sharkia) to the villagers of this village goes the credit of the success I have achieved in my meetings with them.

THE FATE OF THE VILLAGE:

At the time that the future of the economic and social planning in the State have become clear explicit the fundamentals of the socialist society are beginning to appear clearly in various sectors, we find the future of the village yet undetermined.

The village encloses the majority of the inhabitants that have not had a convenient share of life because the Egyptian village has remained for years a homogeneous block of the earth on which it has been built. Rural building is divided into two main directions. The first aims at the improvement of the rural environment and the second at the re-planning of the village on new basis.

The improvement of the village planning will not depend basically on the economics of social formation of the village. It will be limited to the treatment of the local problems in the natural formation of the village. Also it will deal with the width of streets, its improvement or its expansion to the centre of the village to close in with what roads it meets. Hence, an interior road net for the village could be formed as a basis for directing the building constructions in future. It could also serve to procure for the inhabitants the necessary technical help in the plans for houses or other rural constructions. The improvement of the rural environment is directed towards the treatment of the special aspects of the village such as the solution of the basic problems in storage of dry plant stalk on the roofs of the village houses. The treatment consisted in either pressing the stalk or selling it to the co-operative storages that it could use in its turn in the co-operative bakeries in the village. Here may appear the human element in customs followed and that could be equated with the economic improvement of the peasant by giving him a bigger amount of bread that is produced by the bakery perhaps from the grains he himself had offered. Problems could be treated in this fashion.

The improvement of the environment, on the other hand, deals with the sanitary side of the village. The cleanliness of the streets, the filling up of swamps, the search for ways of disposing sanitarily of human and animal detritus are some of the aspects of this side of the village. Also, within the range of sanitary improvement would be the solution of such problems as the inside the home stables, the use of the oven, the state of the rural W.C., the fight against flies and mosquitoes, the cleanliness of the houses, both interior and exterior, and finally the muddy streets and the use of mud in building. However, the materials used in building will not help the improvement of the environment to continue long. The improvement of the environment will not influence greatly the existing circumstances of the village. The

FUNDAMENTALS OF RURAL HOUSING IN EGYPT

By

Dr. ABDEL BAKI IBRAHIM

INTRODUCTION

The housing problem in Egypt is still being treated on the basis of the present circumstances that determine the rural house either in its place or in a trial at finding the necessary materials for building the walls and roofs or in the development of the W.C. and the oven. In other words the betterment of the environment of the rural house. The problem of the rural house is connected with social and economic factors that are in the country. There is a strong relationship between the habitation block for the village and the agricultural land from which it has sprung. From the roots of this reality starts the treatment of rural housing.

If rural housing depends on the direction of the village planning it nonetheless depends on the results of the quantitative researches for the elements of construction and architectural preparations that determine its production. The extent of its productivity and usage and in a way that ensures for the rural house in its new form its compatibility within the frame of the new village planning. On this basis the paper follows two lines. The first line deals with the social economic and natural fundamentals of the housing rural problem in the general frame of rural planning. The second deals with the fundamentals of planning of the rural house, and its architectural elements so as to congene with the different social formations that spring from the economic fundamentals of the rural society in its new planning.

The rural housing has gone through various experimentory developments on a small scale. This has been in either the vil-

lage of the reclaimed areas or in the villages that have been either burnt or swept away by water or those that have been flooded by the Nile or that crumble victims to the white ant.

If this experimnt has been born of fate and local conditions, it has nevertheless the living elements that deal with the problem in its different facets. If rural housing is still within its local boundaries, the time has come for it to be tackled within the general national frame-work and consequently within the regional planning of the country. The two sides of the problem to be tackled are the industry of building and the fate of the village. In this we cannot really depend on the present reality of rural life in Egypt. This study has therefore been built with the beyond the reality, outlook with all the conditions and elements that influence the rural housing.

The principle of security has been one of the most important influences in the village house and consequently on the natural form of the village. The procuration of security and good lighting of the villages in the future will change the society, the house and the nature of the village. Rural planning and housing must make out faith in the new society greater.

Ignorance that has overwhelmed the Egyptian countryside for many generations cannot stand in the way of the illumination of the peasant so as to ensure for him a better life. The stagnation of the peasant is a fallacy that we have inherited from past ages. The understanding of the peasant of the different conditions that have given the village its present shape as well as the possibilities of

In the illustration of three sections, all of the same scale, one through an ordinary town, one through Corbusier's Ville-Tour, and one through a sector in Korangi, Pakistan, we see immediately that the sector and the tower just cannot be for the same size of the people. If one is for ordinary people, then the other must be for Lilliputians or Brobdingnagians.

The sector is sufficiently compact to retain a visually comprehensible unity ; the architect

has an unprecedented opportunity to create in space a composition of calm spirituality. This he can achieve only if he respects the human scale.

If by developing the principles of "Ekistics" and sectoring the metropolis of the future we can bring about a reuniting of architect, craftsman and client, and also a recognition of the Arab feeling for space in building, then there will be great hope for a truly Arab metropolis in the future.

trees and motor cars to add sales-appeal. The architect feels that his own technical knowledge—his ability to talk of stresses and bending moments—put him in a class above his client, and the client, being overawed, acquiesces in his own deposition. Ironically enough, though, few architects can handle the new forms artistically, so simple engineering replaces architecture.

The Re-Establishment of the "Trinity":

Architect, Craftsman, Client

How can this disrupted trinity of architect, craftsman and client be re-established? How can the craftsman and the client find a place in the building of a modern city?

If the city is one of tall blocks, then there is little room for them. Especially if each dwelling is just a collection of cells in a skyscraper, then its design must be left to the engineer. Yet it is possible, as Gourná showed, for the architect of a government project to bring the client and the craftsman together in the planning and building of a house. Is it possible in an Arab town? This must depend upon the type of housing envisaged; if the town is to consist of individual, ground-level houses, then the possibility at least exists.

The key to our cultural problem lies in this individuality. We must rescue the Arab town-dweller from his present anonymity, and give him a house. If we think of *houses* rather than housing, and resolve to give every family the chance to build and keep its own house, which will be handed on from generation to generation, we shall be on the way to restoring direct individual responsibility for the beauty of the town to every citizen.

After all, it is the mass of the people who carry on the culture of an epoch and of a society. Though there may be a few artists—architects, painters, writers and so on—who regard themselves as the world of culture, it is always the general climate of taste that represents the true culture of the time and affects future ages and foreign places.

If the Arab town is to develop in this way, as a town of private houses, then clearly development will have to be rigidly controlled. Because of the customary rise in land value towards the centre of the typical uncontrolled town, as space is needed for purposes more profitable than housing, we find in most towns a continual shifting of population as districts go up or down in price and public esteem. In a planned town, certain areas may be set aside for house-building; the law may maintain their character but can scarcely maintain the value of the houses unless the overall town plan is such as to free the "centre", so that as the town grows each new quarter has the same advantages of proximity to the centre as have the older quarters. This principle is followed by C.A. Doxiadis, who has succeeded in balancing the many demands of the growing metropolis in an age of rapid technological change. One of the most important features of the city, as Dr. Doxiadis sees it, is the concept of division of the residential part into sectors, each containing such services as schools and shops, and each sufficiently small (about 8,000), to be walked around by its inhabitants. When the planning unit becomes the residential sector, rather than the block, then it becomes possible immediately to arrange the buildings not according to the exigencies of motor-roads and other extraneous annoyances but according to the needs of the community. One can dispose the houses in patterns determined by the climatic conditions, for example, and one has the chance to design a real townscape.

The sector is in effect a small town, and the architect planning it has complete freedom to do what he likes within its boundaries. He may lay it out on the familiar grid-iron pattern or plant three or four great dwelling-towers in it. Let him remember, though, that in his manipulation of space he must keep in mind not only the Arab tradition of courtyards and squares but the fact that *sakina* depends too upon the absolute size of the buildings, which must not exceed the human scale.

plaster, once a common decoration in a city house. When I asked Ismail how many others apart from himself practised the craft, he could think of only one man, "Mu'allim" Loutfy. I asked Ismail if he was teaching his craft to his children. He said: "My elder son is a mechanic and I have sent the younger one to school."

"So after your generation there will be nobody left to carry on the tradition?"

"What do you want me to do? Do you know that we often don't have anything to eat. No one wants my work today. There's no room for a stained-glass window in this new architecture of yours. Think of it, once even the water-bearer used to decorate his house and would engage me. Today, how many architects even know of our existence?"

"And if I brought you ten boys," I said, "would you teach them the craft?"

Ismail shook his head. "I wasn't taught in a school. If you want to revive the trade, then give us work. If we have work, then you will see not ten schoolboys here but twenty apprentices." (I *was* able to give a commission, and his work attracted the attention of other architects, so that his elder son, the mechanic, was drawn back to the craft, and has now surpassed his father in skill.)

In the Moslem Arab world there has never been that dissociation of "high" art from "folk" art that we now see in the West. Because Islam frowned upon the lifelike reproduction of the living form, there was neither production of the living form, there was neither production or demand for painting and sculpture as works of art in their own right, but everyone became willy-nilly a connoisseur in the arts incidental to manufacture and building, the arts of carpet-weaving, of ceramics, of plaster work, stone and marble-carving, and carpentry. With imitative art denied him, the Arab poured all his artistic sensibility into abstract design, patterns of calligraphy and into creation of satisfying form, colour, pattern and design in the architectural elements of the house.

The Culpability of the "Modern" Architect

When the modern architect in the Middle east adopted the Western style of building and discarded the "old-fashioned" craftsmen, he discarded at one go the whole tradition of visual art in the Arab world.

Art is a part of society, inextricably bound up with the economic and other forces that drive society. Arab art was a living tradition, the daily occupation of thousands of craftsmen. Without these men it cannot live. Only if the craftsman is recognized for what he is, the vehicle of Arab culture in the visual arts, and only if he is re-integrated into the building-process and restored to his old esteem and dignity, have we any hope of creating a modern architecture in Egypt that is recognizably Arab.

The architect today, besides leaving no room for the craftsman in his designs, also manages to exclude the client from any creative participation in the building process. Now, instead of the unhurried appreciative discussions with the craftsmen as the house is being built, the client has the opportunity to exercise his choice over marks on a plan in the architect's office. He doesn't understand the idiom of architectural drawing nor the architect's jargon, so the architect patronizes and browbeats him (1) or dresses up his plans with

(1) Quelles sont par ordre d'importance vos préoccupations quand vous avez à construire un logement?" (de Lauwe questioning Le Corbusier).

Answer: D'abord de quoi s'agit-il? de la clientèle privée, ou de l'homme en général? La clientèle privée est généralement loufoque, abêtie, avec des manies acquises au cours de la vie. Elle ne m'intéresse pas beaucoup. (*Famille et Habitation*, par Paul Chombart de Lauwe, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1959, p. 197.)

To appreciate the participation of the ordinary citizen in the culture of his city today, we may contrast Corbusier's disregard for his client with the relationship between the patrons and craftsmen of the past. Let us remember that a patron could be as humble a person as Mohammed Ismail's water-bearer. The responsibility for this degeneration of the patron to the status of client lies squarely upon the architect, who has himself degenerated from an artist to a salesman, using architectural forms simply to catch the eye of the fashion-conscious public.

the fact that the house is the province of the woman, not the man. It was unfortunately impossible to consult the Gourni women because they were kept jealously out of the way. Later, with the help of other women, when certain ladies came to Gourni, we did manage to obtain the ideas of some of the village women.

Anticipating this difficulty of getting the Gourni to take an active part in the planning of their houses, very early on I built some twenty houses to show them the kind of architecture we were proposing. They couldn't understand plans, so we proposed to "consult" them by observing how they actually lived in the houses we built for them.

Client, architect and craftsman form a trinity in the design of a house, and each has a vital part to play. The client, nowadays has become unable to play his part in this process, because of his technical ignorance and his snobbishness. The architect too, by ignoring the craftsman, helps to break up this trinity. The craftsman the only one who is still in touch with the realities of stone, brick and wood, is being more and more pushed out of the building-process as architects by-pass him in their work. All the details of a building are decided on the far-off drawing board.

Who Makes Decisions ?

More and more we are forced to recognize that there is one important function in the building-process which has received very little attention. This is the function of decision-making. Who makes each decision in a design? Why does he make it? Decision-making (choosing) is another word for self-expression—or perhaps better, it is the necessary prelude to self-expression.

Once, when a man wanted to build a house he would launch into some of the most complex and prolonged decisions. From the first family discussion of the idea to the day when the last workman left the completed house, the owner would be working with the builders—not with his hands, perhaps, but suggesting, insisting, refusing—maintaining a running consultation with them and making himself

responsible for the final shape of the house. Indeed, this interest of the owner in his house would continue indefinitely, for there was a superstition to the effect that once a house was quite finished its owner would die, so the prudent householder would go on for ever altering and adding to the structure and putting off the laying of the fatal last brick.

The men who worked on the house were all craftsmen, knowing what they could do and knowing their own limitations. Probably they were from the same neighbourhood as the owner, and knew him well, so that he would have no difficulty in explaining what he wanted. The constructor too would understand very well how much the owner could afford to spend and what he could get for his money. As the work progressed, the owner would choose the various fittings: with the carpenter he would talk about mashrabiyyas (lattice-work screens), doors and cupboards, with the stone-carver about sideboards and ornaments round the door (if he were poor), with the marble-cutter about mosaic-sideboards, fountains, wainscoting and floors (if he were rich), with the plaster-cutter about stained-glass windows. He would be a real connoisseur; it would be impossible to fool him; he would know what he wanted and make sure that he got it.

The one man missing in this building venture was the architect. The owner dealt directly with the men who did the work, and he could see what he was getting. For their part, the craftsmen were free to vary their designs within the limits of tradition and subject to the owner's approval. If an architect had come between owner and craftsmen, he would have produced plans that neither could understand. Unable to escape from his drawing-board, he would have remained quite ignorant of the fact that the variations of detail possible in a design make all the difference between a good house and a bad one.

Decline of Crafts

I once talked to "Mu'allim" (master-craftsman) Mohamed Ismail, a craftsman who makes windows out of stained glass set in

while all the main rooms of the block face outwards onto the street. Perhaps that is why one does not associate a feeling of *sakina* with a block of flats.

Even those people rich enough to build their own villas cannot make the best use of their land. Because building laws insist on a minimum open space around every house, we find each villa is a compact bundle of outward-facing rooms, while the open space that could have been a courtyard is cut up into four strips around the house. Not only does this fragmentation of the garden-space destroy the possibility of *sakina*, but it gives the whole street an appearance of messiness, with its untidily disposed houses standing gawkily in the tiny plots of land.

The Decision in Building a House

Usually a man has only one occasion to make a substantial change in his surroundings upon his own decision. This is when he marries. The custom in Moslem countries is for the bridegroom to give a sum of money, the *mahr*, to the bride, whose family is expected to provide the new household with furniture, kitchen utensils and linen. This is one of the great and decisive moments in a man's life—perhaps the most important to him. Other great events—birth, circumcision and death—are less in his control.

If this setting up of a household is so important, if it usually happens only once in a man's lifetime, then how much more important is the building of a new house? This act occurs not even once in a lifetime, but once in several generations. It is a family event, and it is perhaps the most important thing that happens to a family in a hundred years, transcending even the birth and death of individuals.

The importance of the decisions taken at this time is perfectly obvious. No care, no skill, no exercise of sensibility, can be superfluous at this moment.

In Gourma a housand families were going

to take this step. Each family deserved the chance to make its house as efficient and beautiful as possible, and each deserved the very best professional help in the design of the house. But since each family differed from all others, it would have been necessary to design each house individually. This, I thought, was perfectly satisfactory. I did not want to design the village arbitrarily and as a whole at the very beginning of the projects and then spend the rest of the three years given for its completion in supervising the construction. Besides being too rigid and inhuman a method, it would also have been boring. Ideally, designing should go on for two years and eleven months. Right up to the last moment I should be learning, modifying and improving my designs and making them fit more perfectly the families that would live in them.

The Villager's Indifference and the Architect's Bewilderment

In spite of these good intentions, however, I found it difficult to interest the peasants in their new houses. This indifference was, indeed, largely due to their reluctance to do anything which might later be construed as acquiescence in the plan for removing them, but it also spring from their inability to put into words their needs and fancies. One sheikh told me that so long as his cattle were properly accommodated, he didn't want anything else and this was a pretty general sentiment. I was able to change their minds only by convincing them that if they devoted their attention to cattle and regarded their houses as a kind of annex to the stable, then their city-educated sons would be too ashamed to visit them. At this they agreed that it was worth bestowing some attention on the house but they said that they would leave it to me to design whatever I liked. This *carte blanche* made the problem even more perplexing. How could I possibly get into the skin of a Gourni peasant and understand what he wanted in a house? Possibly this indifference of the men towards their houses arose from

not a substance (we can only talk in parables) but a feeling, and it is created exactly by this turning inward of the room.

I am embarrassed to talk in this way to those planners to whom architecture has become engineering and to whom progress and modernity mean only Westernization. Presumably, no one becomes an architect unless he is an artist. I beg him then to try to understand what I mean by trying to experience it. Let him walk in a cloister and feel the meaning of created space. If he laughs at my attempt to describe femininity, let him go and contemplate two statues. Let him take "The Thinker" by Rodin and one of Maillol's figures of women. It is clear that the man, though seated and still, is radiating energy, is essentially an active figure, while the woman is placid, receptive, and turned inward, to herself.

Plan of Gournia

If my metaphors are ethereal, my planning proposals in Gournia are concrete enough. The houses themselves are planned round courtyards. Not only does each house contain its own courtyard, but each group of houses is also arranged to enclose a larger, semi-public courtyard, which will be the common courtyard, or square of the family group. Because of the many social activities that are shared by the members of the family, the *badana*, which consists of some ten to twenty related families, it is most important to give each *badana* a place in which these functions may be performed. In this larger square the *badana* can receive guests and hold the festivities connected with weddings and circumcisions, while it will also be convenient for more practical purposes such as the temporary storing of fuel and hay, which otherwise would clutter up the public street. But more important, because of the focus it will give to the group of houses, *all turned inwards and looking on to it*, the square creates something of the same atmosphere for the *badana* as the courtyard of the private house does for the individual family. Thus

it will help to cement together the family group by a constant gentle emphasis on its oneness, and in numerous practical ways, as by facilitating the established practice of warming one's bread in the oven of whichever of one's neighbours happens to be baking, and by providing a place for children to play where they will be under the eyes but not under the feet of their mothers.

Yet more important, to me, than these considerations, is the effect on the person who comes from a room in his house, through the house courtyard, into the larger but still enclosed square, and only then into the public street. Whether in a village or a town, this gradual expansion of man-created space, or, conversely, its gradual contraction, is more peaceful and more soothing than an abrupt plunge from the small privacy of one's room into the bustle of the street or the hugeness of the field. Exactly the same units can be arranged in a variety of ways—on a grid-iron plan or any other form—but quite the best arrangement is a well-proportioned square. Notice, though, Notice, though, that it is vitally important that the houses should face inwards, into the square, just as it is essential that the courtyard of the house should be bounded by inward-facing rooms. We often see so-called squares that are in effect, simply accidental spaces defined by the ends of house-rows, by a school wall or the back of a factory. When all the buildings turn their backs on a square, or at best present it with a cold shoulder, how can we expect the people to use the space as a real square. Not merely does the atmosphere leak out, it is never put in the first place. Such melancholy spaces soon become garbage dumps and meeting-grounds for gangs of juvenile delinquents.

Corresponding to this travesty of the square in the architecture of the street, we may observe a similar misuse of the courtyard in the blocks of flats in modern Egyptian cities. In such a block there is a dark, cramped courtyard of irregular shape, full of drainpipes, servants' staircases and dustbins,

of God, was regarded as a dome supported by four columns

This view gave a symbolic value to the house, which was considered to be a model or microcosm of the universe. In fact, the metaphor was extended further, to the eight sides of the octagon that supports a dome on squinches, which symbolizes the sky; these eight sides were held to represent the eight angels who support the throne of God. Because the sky is for the Moslem Arab at once the home of the holy and the most soothing face of Nature, he naturally wants to bring it into his own dwelling. Just as in Europe men try to make their houses one with the landscape and its vegetation, either through gardens or through plate-glass walls, so in desert countries men try to bring down the serenity and holiness of the sky into the house, and at the same time to shut out the desert with its blinding, suffocating sand and inhospitable demons.

The means of doing this is the courtyard. The house is a hollow square, turning its blind windowless walls to the outside and with all its rooms looking inward to a courtyard from which only the sky can be seen. This courtyard becomes the owner's private piece of sky. The space enclosed by the rooms of his house can, at its best, alone induce a feeling of calm and security that no other architectural feature can, while in every case the sky is, as it were, pulled down into intimate contact with the house, so that the spirituality of the home is constantly replenished from heaven. This serenity is not imaginary, it is not a piece of far-fetched symbolism, but a fact to be experienced by any one who walks into an Arab house, or into the cloister of a monastery or college. The value of the enclosed space was recognized not only by the desert-dwellers, but all along the Mediterranean seaboard by the Ancient Greek and Roman villa-builders, and the Spaniards with their patios. But to the Arab the courtyard is more than an architectural device for obtaining privacy and protection. It is, like the dome, part of a

microcosm that parallels the order of the Universe itself. In this symbolic pattern, the four sides of the courtyard represent the four columns that carry the dome of the sky. The sky itself roofs the courtyard and is reflected in the customary fountain in the middle. This fountain, or basin, is in fact an exact projection of a dome on squinches. In plan it is precisely the same, basically a square, with, at a lower level, the corners cut off to form an octagon; from each of the new sides thus formed a semi-circle is scooped out, so that the whole basin is an inverted model of a dome, just as if a real dome were mirrored in the water.

The inward-looking Arab house, open to the calm of the sky, made beautiful by the feminine element of water, self-contained and peaceful, the deliberate antithesis of the harsh public world of work warfare and commerce, is the domain of woman. The Arab word for house "*sakan*", is related to the word "*sakina*" meaning peaceful and tranquillity. The word "*harim*", woman, is related to "*haram*", sacred, unviolable, which also denotes the family living quarters in the Arab house.

Now it is of great importance that this enclosed space with its trembling liquid femininity should not be broken. If there is a gap in the enclosing building, then this special atmosphere flows out and runs to waste in the desert sands. Such a fragile creation is this peace and holiness, this womanly inwardness, this atmosphere of a house for which "domesticity" is so inadequate a word, that it is lost with the least little rupture in the frail walls that guard it. That is why the patio, open on one or two sides, which perhaps is pleasant enough in Spain where the countryside is comparatively tame, would never do in the Middle East, where the fierce desert will jump in like a djinn and devastate the house. If even one side of the courtyard is a simple wall, the atmosphere will be spoiled. The *sakina* is disturbed. Only rooms that are really lived in can hold the magic in place, and this is because, of course, it is

we employed to roof the whole of Gournah allowed us unlimited scope for variety. At Bagawat in the Kharga Oasis, one can see a most remarkable demonstration of the beauty and adaptability of vault-and-dome roofing. These buildings, 263 chapels and houses all of sun-dried mud brick, date from the 4th century and are still standing after 1,600 years. They lend admirable historical perspective to a discussion of the Arab town. At Aswan, the villages of Gharb Aswan and Abou el Rish, provide current examples of peasant building at its best; and the monastery of St. Simeon and the tombs of the Caliphs, which show how the mud-brick dome and vault can be adapted to, respectively, Christian and Moslem feeling for space.

The Arab Feeling for Man-Made Space

Now this different feeling for space among different religions, as in Nubia, or among different peoples, is of the very greatest interest, and touches the Arab metropolis closely.

Every people that has produced architecture has evolved its own favourite forms, as peculiar to that people as its language, its dress or its folklore. Until the collapse of cultural frontiers in the last century there were all over the world distinctive local shapes and details that made the buildings, just like the local cooking, a natural product of the imagination of the people and the countryside. Certain shapes seem to capture a people's fancy; they make use of them in a great variety of contexts, perhaps rejecting the unsuitable applications, but evolving a colorful and emphatic visual language of their own that suits perfectly their character and their homeland. No one could mistake the curve of a Persian dome and arch for the curve of a Syrian one, or a Moorish one, or an Egyptian one. No one can fail to recognize the same curve, the same signature, in dome and jar and turban from the same district.

Whereas it may be easy to recognize these curves, there are other local characteristics

which are almost indefinable, though still very real. An enclosed space, a room or courtyard, has a certain quality that can be distinctly felt, that carries a local signature as clearly as does a particular curve. This "felt space" is in fact more a fundamental component of architecture than are others, and if a space has not the true feeling then no subsequent decoration will be able to naturalize it into the desired tradition.

Arab Cosmology and Arab House

Let us look at the Arab house as an expression of Arab culture. In what ways have the environmental forces that have moulded the Arab's character affected his domestic architecture?

The Arab comes from the desert. The desert has formed his habits and outlook and shaped his culture. To the desert he owes his simplicity, his hospitality, his bent for mathematics and astronomy, to say nothing of his family structure. How has the desert influenced Arab architecture, when the Arab comes to build a permanent house?

Because his experience of nature is so bitter, because the surface of the earth, the landscape, is for the Bedouin a cruel enemy, burning, glaring and barren, he does not find any comfort in opening his house to nature at ground level. The only kindly aspect of nature for the Arab is the sky, pure, clean, promising coolness and life-giving water in its white clouds, dwarfing even the expanse of the desert sand with the starry infinitude of the whole universe. It is no wonder that for the desert-dweller the sky became the home of God. Europeans pagans had gods in rivers and in trees, or disporting themselves on mountain tops, but the shepherds and camel-drivers of the desert, who could see no other place fit for him; for them the surface of the earth was productive only of djinns and demons who rolled about in sandstorms. When he embarked upon a settled life the Arab began to apply architectural metaphors in his cosmology, so that the sky, the home

out in fourteen typical villages in both Upper and Lower Egypt.

It was with this naked poverty in mind that we had to approach the problem of planning in Gournah.

The Question of Materials

It is clear that for village housing there is no way of providing the kind of buildings familiar in towns of concrete, steel and other industrially-produced materials, unless someone is prepared to subsidize each family to the extent of four or five hundred pounds. For Egypt such subsidization is out of the question. The only practical way of making any impression on our rural housing problem is by coming to terms with the materials and methods already in use among the peasants, and applying our expertise to improving them. For Egypt, at least, houses cannot come out of factories—not even building materials can—and it is vain to hope that we can house our peasants by making use of industrial power to produce prefabricated houses or standardized building elements. I have already said that many peasants cannot afford reeds for thatching, at 10 P.T. or 25 cents per load, and they cannot afford timber or fired bricks either.

There is, however, one material that exists in abundance all over Egypt, and of which, in fact, 90 per cent of our rural buildings are made. This is earth. Sun-dried earth brick is the everyday building material of all Egyptian peasants; it has been used for thousands of years and is perfectly familiar to every peasant and village mason. Nearly all walls in every village in Egypt are made of mud-brick, which can be produced for next to nothing. Only roofing seems to present any problem to the village builder, for he cannot usually roof a room without having recourse to timber, which is in short supply in Egypt and consequently expensive.

The ancients, however, were able to build roofs of mud-brick just as easily as they could build walls. They had a technique for build-

ing mud-brick vaults without using supports or centering, a technique that today exists, as far as I have been able to find out, only among a few villagers in Nubia, though once it was known across the ancient East from Babylon to Egypt. This method of vault construction, which was probably forced upon its inventors, as upon us, by the scarcity of good roofing material in Egypt, we adopted in Gournah as the only possible solution to the problem of providing cheap buildings that any peasant could copy with the materials readily available to him.

Mud-brick is a perfectly adequate material for permanent houses. The ordinary hand-made brick of the villages is quite strong enough; its crushing-load is 10 kgs/sq. cm., whereas in an ordinary peasant house it is never subjected to a stress greater than 3 kgs/sq. cm. In a very dry climate vaulted structures in mud-brick have lasted for many centuries without any attention at all, though for normal use, especially in districts with a heavy rainfall, the mud-brick structures must be protected underneath by a damp-proof course and on top by a water-repellent plaster. Such plasters may be very cheaply prepared today with various emulsions of bitumen and paraffin.

The vaults have the shape of a catenary curve. This shape arrived at as the best by the ancient builders and still preserved today in Nubia, handed down though perhaps a hundred generations of illiterate peasant masons, is strangely modern in conception. Its property of ensuring that all stresses are compressive enables us to use so humble a material as mud-brick, which will not take bending stresses at all, for roofing. What could be more up-to-date than the idea of giving strength through geometry, as in the hyperbolic paraboloids so dear to some modern architects and constructors?

A mud-brick vault should not exceed a span of three metres. A larger space, but of course a square one, may be roofed with a dome. The combination of vaults and domes that

the Council great authority by making it directly responsible to the President.

The cultural problem before us is vast, and so is the problem of regenerating Arab architecture. I have selected two aspects only, both of which occupied me in Gournia in Upper Egypt, and both of which, I feel, are of importance in building towns as well as villages. One of these is the feeling that the Arab has for man-made space, and the other is the process of decision-making in building.

Gournia: The Locale and the Problem

Gournia is a string of hamlets with a total population of 6,300, occupying the site of some very important antiquities—the Tombs of the Nobles on the hills opposite Luxor. The people of Gournia used to make a substantial part of their living by excavating these tombs and selling their finds, which naturally vexed archaeologists and the government department responsible for preserving our ancient monuments. It was therefore decided to build a new village about four miles nearer the river, well clear of the tombs, and to move the population there. In 1945-1946 I was given the job of designing the new village. We erected the main public buildings and about a hundred houses, but for a variety of reasons the village was not completed; nevertheless we had the opportunity to try out several interesting ideas. Recently, the government has decided to resume the experiment and to complete the village along the original lines of the plan.

It is perhaps worth remarking here that Gournia, in spite of its population of 6,300, is a village and not a town. Whereas in Europe or America a settlement of such a size would probably rank as a town, in Egypt it would scarcely be rich enough to support the amenities of a town; Gournia, too, is very close to Luxor, which conducts local administration.

I am fully aware of the different natures and problems of villages and towns; indeed, these differences will interest us very deeply as we proceed. Nevertheless, village and

town planning have many features in common and, however a town and a village may differ in size and complexity, the vital patterns of planning are the same in each. The town planner may observe in a village, unclouded by commercial consideration and on a scale small enough to be immediately apprehended, the basic essentials of planning human settlements.

When we began to plan Gournia, there was a law in force which required, in view of the urgent need to do something about the desperately bad housing in Egyptian villages, that a new building project in a village must be in some way a model project, meaning that it must embody standards markedly higher than those prevailing before. I took the term "model" to mean a prototype that could be repeated. I wished to build houses that would serve as practical models to peasants wishing to build. For this reason, and quite irrespective of the budget allotted by the government, I restricted myself to the means that the peasant would actually have at his disposal. The average cash income of an Egyptian peasant was 4 pounds a year. Such a tiny sum puts him beneath consideration economically. He cannot afford to buy anything but the most urgent necessities of life and many of these he cannot afford. No system of calculation based upon the estimated cost of these necessities can explain how he manages to live. Of course, he largely lives without using money as a medium of exchange.

The key to the peasant's survival is his tradition of cooperation. In activities as far apart as banking and building there is a rigorously prescribed tradition of communal help that enables the peasant to acquire bread, for example, at the cost of the grain, and a house apparently for nothing. The 4 pounds is indeed a statistical fiction, and no peasant can afford any substantial outlay on something as big as house. So poor are many peasants that they cannot afford even reeds to thatch their houses; 27 per cent of rooms were found to be roofless in a survey carried

PLANNING AND BUILDING IN THE ARAB TRADITION: THE VILLAGE EXPERIMENT AT GOURNA

By

HASSAN FATHY

Member of Research Group, Athens Technological Institute.

*The highest goodness, water-like,
Does good to everything and goes
Unmurmuring to places men despise;
But so, is close in nature to the way.*

Lao Tzu

The failure of Modern

There is something basically wrong with our cities and villages today. It is not merely that they have become surpassingly ugly, but that, in spite of the recent technical advances and the highly expert work that our town-planners and architects are putting into town and village planning and architectural design, every single building manages to increase that ugliness, and every attempt to remedy the situation only underlines the ugliness more heavily.

There are plenty of examples to illustrate this situation. In Cairo, a flagrant case is that of Khalig el Masri Street. This was once a canal lined with well-designed houses whose gardens, with their terraces, pergolas and steps, gave straight on the water. The canal was filled in to become a street, but even then, with a tram-line running down the middle of it, in parts its charm remained; the houses were still well-proportioned and harmonious, and it was sufficiently inconvenient to discourage traffic.

Very recently this street was widened as part of a city replanning scheme, with the result that it drained all the traffic from the neighbouring streets and in no time at all became hopelessly congested. Not only that, but because the street was now more important the old houses were pulled down to make way for the high and ugly buildings

with their shop fronts that we see today. In every respect—beauty, convenience and calm—the attempted improvement has made things worse.

A further example, typical of many, may be seen in the Egyptian provincial town of Benha, where we have tried to improve the visual effect by putting up a statue of Zaghloul on an ancient Egyptian-style pedestal in the town square. The effect of this incongruous mixture of ancient and modern, amid the shabby European-type buildings and the dust of the square, is transcendently hideous.

It is surprising that we have failed in all our attempts to remedy the architectural mess in Egypt. The reason is that we have approached the case at the technological level, which can affect only the surface of the problem without realization of the much deeper problem, the whole crisis in Arab culture. Until we recognize that the root of our problem is the Arab himself, the human being who is at once the heir of our Arab civilization and an individual in the middle of the Twentieth Century, and until this human being enters into all our plans and calculations, we can never approach a satisfactory solution.

A first step has been taken. The government has created the High Council of Arts and Letters to reorient all cultural activities towards a really Arab culture, and has given

EDITING COMMITTEE

Prof. Dr. MAHMOUD TALAAT,

Chairman.

Dr. AHMED A. EL-ERIAN

Editor in Chief

Eng. EZZ EL-DIN FARAG

Dr. FOUAD BAHGAT

Eng. HASSAN T. EL-AROUSY

Editors.

Eng. HAMED EL-KADDAH

Treasury.

Dr. AHMED GENEDI

Eng. KAMEL MAKSOOD

Eng. SALAH AMER

Dr. TAHER EL-HADIDI

Supervising Committee.

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretarial at the address of the Engineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T.60 per annum.

Subscription for others P.T.200 per annum.

HEAD OFFICE

Cairo : Egyptian Society of Engineers,
28, Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

Sole agents for advertisements to be inserted in this periodical :

Moassasset Misr for Printing and Publication,
14, Zaki Str., Tawfikieh, Cairo.
Tel. 51601.

JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

VOL. III — No. 1 — JANUARY 1964

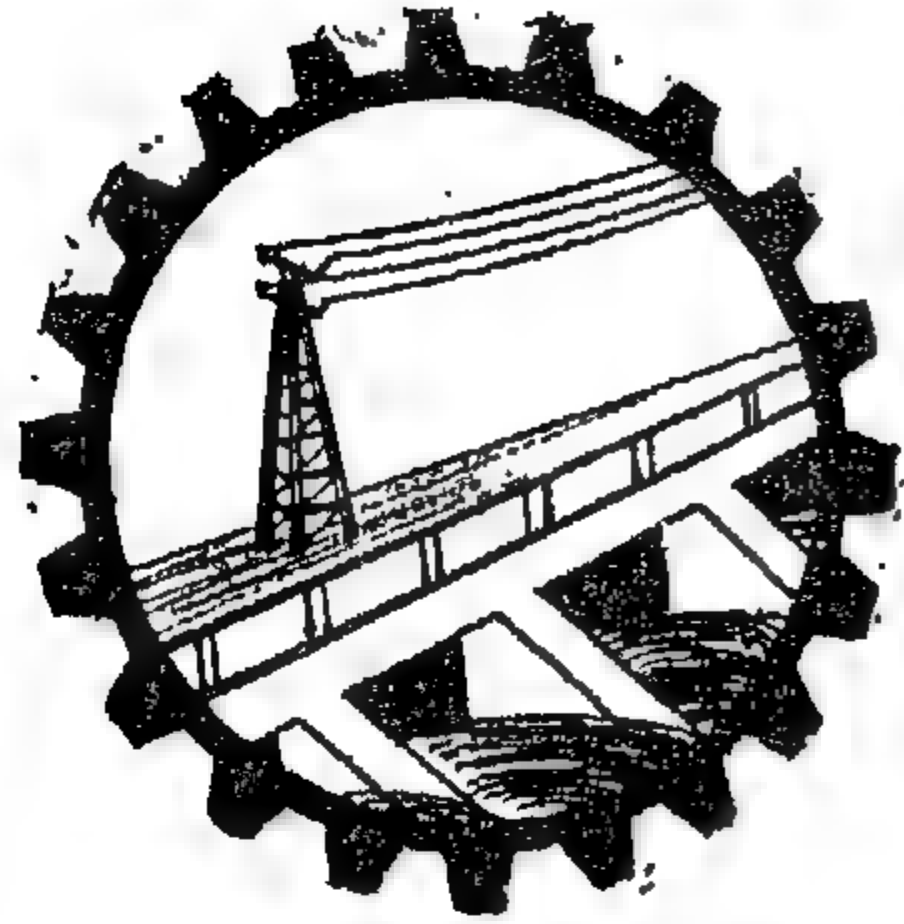
C O N T E N T S

ENGLISH SECTION

	Page
"Planning and Building in the Arab Tradition : The Village Experiment at Gournah", By Dr. Hassan Fathy	7
"Fundamentals of Rural Housing in Egypt", by Dr. Abdel Baki Ibrahim	18
"The Main Lines Recommended for Planning Community Shopping Centres in the Egyptian Region", by Dr. A. Kamal Abdel-Fattah	39

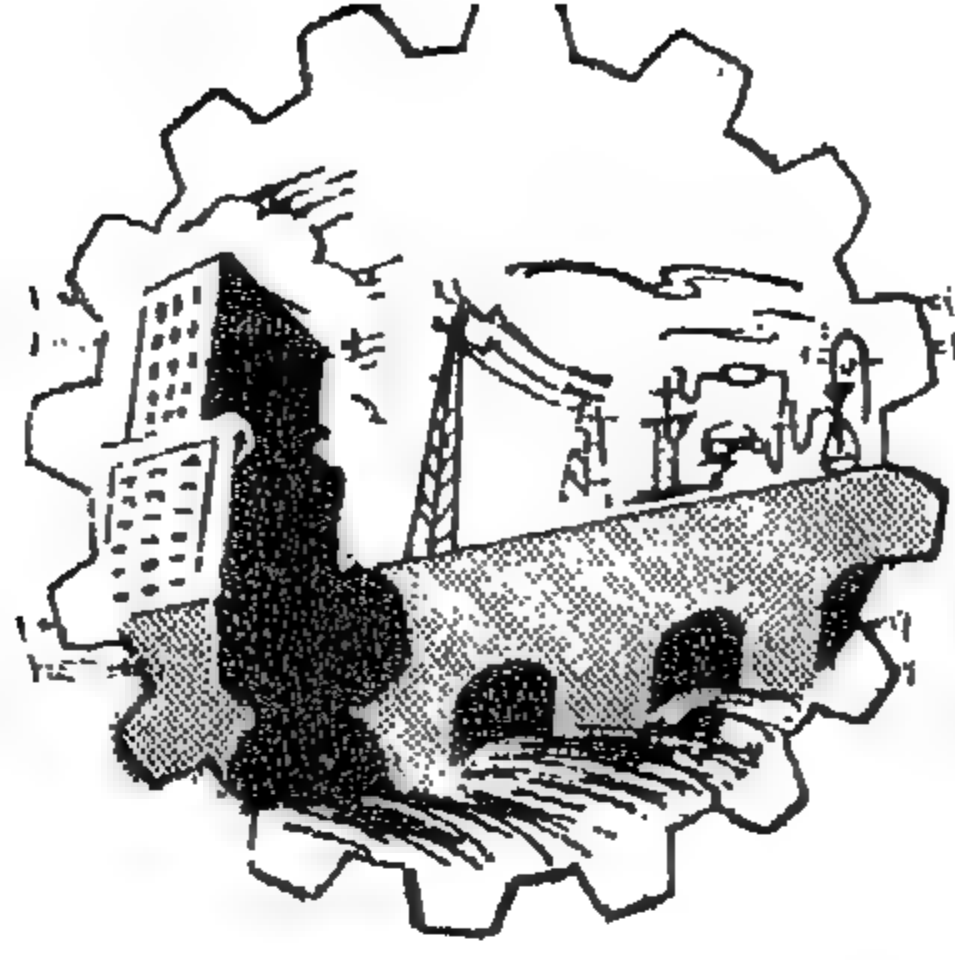
ARABIC SECTION

"Housing in the villages, Recommendation of the High Committee of Village Re- searches", by Late Prof. Dr. Anwar El-Moufti	13
"Banks and Housing", by Dr. Eng. El-Attafi Sinbil	18
"Improvements in Villages", by Ministry of Housing	20
"The Role of Manpower in Solving the Problems of Housing in Villages", by Engs. M. El-Salawy and A. E. Sadek... ..	36
"Constant Lines for Improving Villages"	54
"Egyptian Villages and Housing", by Engs. M. K. Zaitoun, Salah Zaki and M. S. Higab	61
"Co-operating Mains for Improving Housing in Villages", by Eng. Ahmad Refaat...	70



**JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY
OF ENGINEERS
U.A.R.**

**JANUARY 1964
Vol. III
No. 1**



مجلة

جمعية المهندسين
المصرية

أبريل ١٩٦٤

المجلد الثالث

العدد الثاني

مجلة

مجلة المهندسين

المصرية

مجلة علمية هندسية — تصدرها كل ثلاثة شهور

جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

أبريل ١٩٦٤

المعد الثاني

السنة الثالثة

محتويات هذا العدد

القسم العربي

صفحة

٧	إجراء بعض التجارب لدراسة خصائص الرشاشات المائية للدكتور المهندس علي بليغ
١٢	إنتاج المواسير الحديدية وغير الحديدية بدون لحام للدكتور المهندس بطرس مينا
٢٨	ملخص الموضوعات بالقسم الانجليزي

القسم الأجنبي

٧	حلقة ديناميكا حرارية مقترحة لاستغلال الحرارة الشمسية للدكتور المهندس صلاح خشبة
١٣	السعة المثلى لمجموعات القنوات التليفونية في نظم الموجة الحاملة للدكتور فؤاد سوريل عطية
٢٥	مشتقات عضوية للسيليكون لكاوريد البنزول للدكتور حسين شريف شرف
٢٩	أساسيات المبكّنات وعلاقتها بالذبذبات في كل من التربة والخرسانة للدكتور مهندس إيست وود
٤٥	التصميمات المرادفة لبعض الكبارى البسيطة للطرق من الخرسانة المسلحة والسابقة للإجهاد للدكتور أمير أسعد
٦٣	جولة دراسية على الحديد والصلب في بعض الدول الأوروبية للدكتور المهندس صلاح بيومي
٨١	الانسياب المنتظم للمياه خلال المواسير المغمورة للدكتور المهندس سعد زغلول حماد
٨٩	تقدير صفات السحب العميق للشراخح المعدنية للدكتور جلال شوقي

بيانات :

مقر المجلة :

بالقاهرة

جمعية المهندسين المصريين

٢٨ شارع مصطفى بالقاهرة

تليفون ٥٢١.٦

الاشتراكات :

- جميع أعضاء جمعية المهندسين بالقاهرة مشتركون في المجلة بحكم عضويتهم .

لغير الأعضاء :

الاشتراك السنوي

للهيئات

٢٠٠

للمهندس

٦٠

- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة .

- ترحب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية وأي تعليقات علمية للمناقشة

- المجلد غير مسئول عن أي رأي ينشر وتعبير عن أي كاتبها فقط

الإعلانات :

مؤسسة مصر للطباعة والإعلان والنشر

١٤ شارع نكي بالتوفيقية - لقاهرة تليفون ٥١٦٠١

لجنة التحرير

المشرف العام الأستاذ الدكتور محمود طلعت

رئيس التحرير الدكتور المهندس أحمد علي العريان

أميناء التحرير
المهندس حسن طه العروسي
المهندس عز الدين فـرج
الدكتور المهندس فـؤاد بهجت

أمين الصندوق المهندس حامد القـداح

المشرفون
الدكتور المهندس أحمد جـنيدى
المهندس صلاح عامر
الدكتور المهندس طاهر الحـديدي
المهندس كامل مقصـود

اجراء بعض التجارب لدراسة خصائص الرشاشات المائية للدكتور: علي بلينغ

الجزء الأول

مقدمة :

بدأت أهمية زراعة الأرض دون تسويتها في اتباع طريقة الري بالرش واضحة في بلادنا ، وبدأ للمهندسين أن يضع الآف الأقدنة تحت هذا النظام مع محاولة تصنيع المهمات اللازمة له ، وبذا أصبحت الرشاشات من الآلات الهيدروليكية التي يجب علينا دراسة العوامل التي تؤثر على خصائصها ومدى صلاحيتها خاصة ولا زالت طرق تصنيعها وإجراء التجارب عليها قاصرة على شركات الاحتكار . والأهمية التي تدعو إلى هذه الدراسة تبدو واضحة عند مشاهدة إحدى الرشاشات الشائعة الاستعمال في كثير من الدول تسبب تساقط أزهار أشجار الفاكهة عندنا نتيجة لتصادم قطرات المياه الكبيرة نسبياً أو عند مشاهدة حقول بعض المحاصيل التي يظهر بها النمو الخضري بأحجام متباينة ويتخللها بعض المساحات الخالية منها والتي تدل على عدم انتظام توزيع مياه الري . وإذا حاول المزارع ملاحظة ذلك النقص بزيادة عدد ساعات التشغيل فالفاقد بالتسرب في باقي المساحة كبير والتكاليف عالية علاوة على أن نظام الري بالرش له ميزة التحكم في تحديد كميات المياه التي يمكن للمزارع سحبها لري أرضه وأي محاولة لزيادتها فيها انتقاص لنصيب جاره الذي يشترك معه في نفس المجموعة ونفس المشكلة . وقد يتعذر التعويض كلية إذا كانت الطاقة المستخدمة في ضغط المياه تعتمد على إدارة المحركات الكهربائية وهي جاهدة التشغيل — لشبوت عدد لفاتها في وحدة الزمن .

— غير أنها تمتاز بإمكان تشغيلها بصفة مستمرة ، لذا يلجأ المهندسين إلى استخدامها لتقليل تكاليف الري السنوية فتصمم المجموعة لتعمل ٢٤ ساعة أيام فترة الاحتياجات المائية القصوى وهنا لا سبيل لزيادة عدد ساعات الإدارة بغرض تغطية سوء توزيع مياه الري .

وعدم انتظام توزيع الري قد يكون نتيجة لسبب أو أكثر من الأسباب الآتية :

١ — زيادة سرعة الحركة الدائرية للرشاش إلى الحد الذي يقل فيه القطر الفعلي لدائرة الرش مما يسبب التركيز داخل الدائرة وعدم انتظام التوزيع عند تداخل دوائر الرش السابق تقرير أقطارها بما يختلف مع الواقع .

الاختلاف الكبير في سرعة الحركة الدائرية للرشاش في الدورة الكاملة لها (وخاصة عند ميل محورها عن الوضع الرأسي بسبب ميل الأرض) مما يسبب تركيز الرش في قطاعات من الدائرة (Sectors) .

٣ — عدم انتظام تدرج توزيع سمك مياه الرش من موقع الرش إلى نهاية دائرة الرش مما يسبب عدم انتظام التوزيع عند تداخل دائرة الرش مع مثيلاتها .

٤ — عدم ثبات انتظام تدرج توزيع سمك مياه الرش عند اختلاف ضغط التشغيل عن الضغط التصميمي ، خاصة واختلاف ضغط التشغيل يلزم عملية الري بسبب استمرار

وصف الجهاز :

الجهاز المستعمل بسيط كما يتبين من الشكل (١) ويتكون الجزء الرئيسى منه من ماسورة أفقية « مجلفنة » (١) قطر ٤ بوصة طول ٢٢٠ متر تغذى ماسورة رأسية قطر (١) طول ١١٠ متر، تركيب الرشاشة بنهايتها . وعند منتصف الماسورة الرأسية توجد فتحة جانبية (ب) متصلة بقياس ضغط (م) . ويمكن تحريك الماسورة الرأسية فى مستوى عمودى على المحور الطولى للماسورة الأفقية بواسطة لف الماسورة الأفقية (١) بالنسبة للماسورة المغذية لها .

ويتغذى الجهاز من مياه المدينة من فرع الماسورة العمومية مركب عليه مقياس تصرف (ج) « عداد المنزل » يليه محبس رئيسى (د) تتصل به ماسورة قطر ١ بوصة تتفرع إلى فرع خاص بالجهاز يودى إلى كوع ٩٠ بنهايته ماسورة مركب عليها محبس (هـ) تؤدى إلى الماسورة (١) قطر ٤ بوصة السابق وصفها وتنتهى الماسورة الأخيرة بماسورة قطر ٣ بوصة مركب عليها محبس (ل) الغرض منه مساعدة المحبس (د) و (هـ) فى الوصول إلى ضغط معين عند فوهة الرشاشة

تشغيل أية ماسورة تقالى أثناء فترات نقل المواسير التقالى الأخرى للمجموعة (يجرى النقل دون إبطال الطلبة) .

٥ - وضع الرشاشات على مسافات لا تتفق مع أقطار دوائر الرنى للرشاشة .

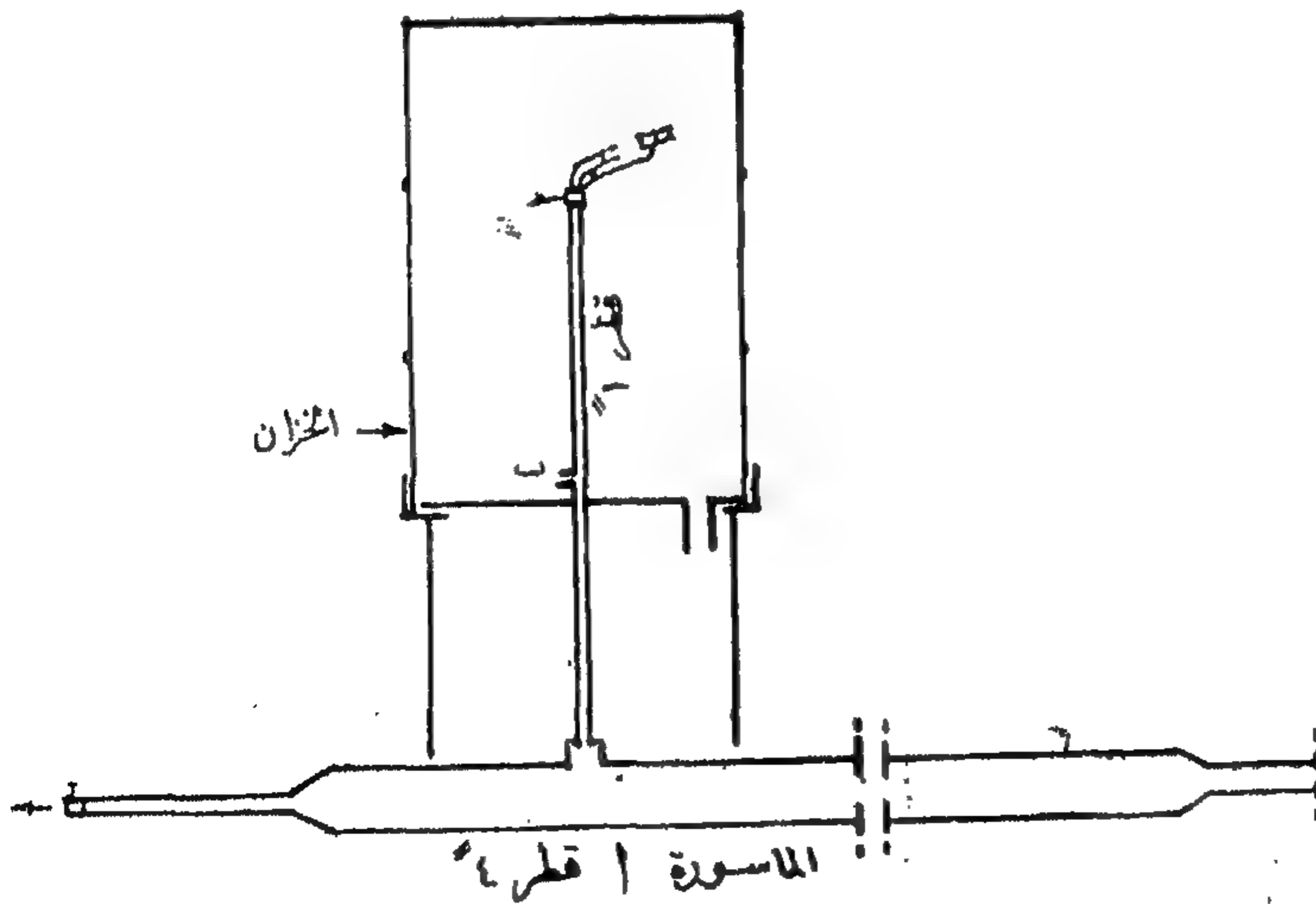
٦ - ارتفاع منحى الرمو إلى درجة تأثر التوزيع بحركة الرياح .

وقد اختص هذا الجزء من الدراسة بإجراء بعض التجارب الخاصة بسرعة الحركة الدائرية (البندى الأول والثانى) حيث يسهل عملها بالمعمل .

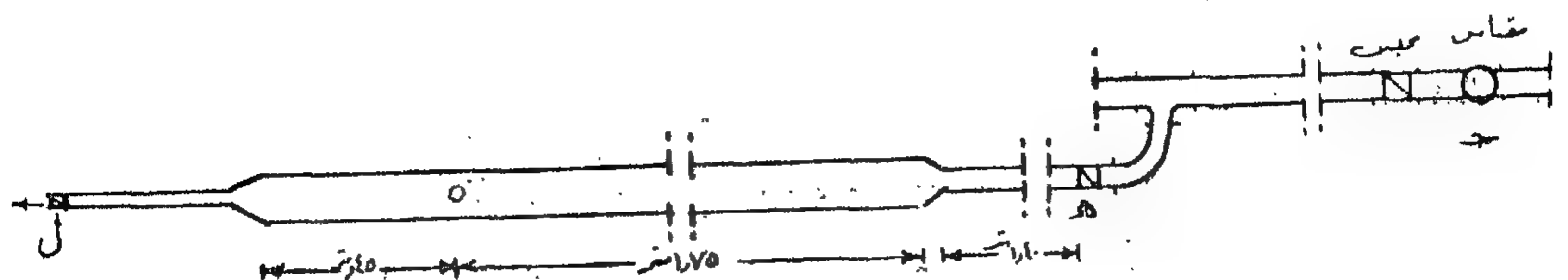
هذا ولعدم إثارة الجدل حول الرشاشة أختيرت الرشاشة المصرية رقم ٢٣ والمفروض شرح كيفية إجراء التجارب ومناقشة النتائج دون اتخاذ الأرقام المطلقة لها كأساس للمقارنة مع أية رشاشة أخرى .

الجزء الأول :

التجارب الخاصة بسرعة الحركة الدائرية للرشاشة :



شكل رقم (١)
جهاز تجربة الرشاشات





(قيس الضاغط للمياه الخارجة بواسطة مقياس ضغط يدوي على مسافة حوالي ١ سم من قوة الرشاشة حسب المتبع دائماً عند قيام الشركات المنتجة بعمل جداول التصرفات وكما يتبع التحقيق من ضغط الرشاشات في الحقل) . وبقراءة مقياس الضغط (م) حددت العلاقة بينهما .

تحتوي الرشاشة على خزان عملت بسطحه العلوي أربع فتحات متعامدة يمكن منها رؤية الرشاة أثناء دورانها وتقدير سرعتها كل ربع دائرة كما عملت فتحة جانبية كبيرة جهر لها باب به جزء من الزجاج يمكن بوضعه إلقاء الضوء على الرشاشة ومشاهدة دورانها . كما يمكن تضيق الفتحة الجانبية بشريحة رأسية مع ترك مسافة تخرج منها المياه للتأكد من عدد اللغات الكاملة في حالة الرشاشات ذات الفوهتين .

كما عملت فتحة في قاع الخزان يمكن تجميع المياه المنصرفة منها لقياس كمياتها في حالة أحكام قفل باقي الفتحات لقياس تصرف الرشاشة .

إجراء التجارب :

بالتحكم في المحبس (و) و (هـ) (مع قفل محبس الفرع الموصل إلى المنزل) ومساعدة الحركة البطيئة للمحبس (ل) أمكن تحديد ضغط معين عند فوهة الرشاشات بعد تثبيت الذراع المحرك لها وكانت الضغوط المستعملة هي ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ كيلو جرام على السنتيمتر المربع وكالمتبع دائماً قيست بمقياس ضغط يدوي يجعل فوهته إلى مسافة حوالي ١ سم من فوهة الرشاشة ورصدت قراءة مقياس الضغط (م) لكل منها ، وتكررت هذه العملية لثلاث فوهات أقطارها $\frac{3}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{4}$ بوصة وحددت العلاقة بين قراءات المقياسين .

عندما أجريت التجارب لوحظ أن سرعة الرشاشة لا تثبت إلا بعد حوالي ١٥ دقيقة من بدء تشغيلها مع ثبوت الضغط . لذا تركت الرشاشة لفترة تزيد عن ٢٠ دقيقة من بدء كل تجربة قبل قياس سرعة الدورات والتعليل المقبول لعدم انتظام السرعة عند بدء التجربة هو عدم اكتمال بلولة أسطح الدوران أثناء الفترة الأولى من التشغيل .

هذا وقد حسبت السرعة برصد الزمن اللازم لدورة كاملة من دورات الرشاشة ولكل حالة أخذ المتوسط الحسابي للزمن اللازم لثلاث دورات منفصلة ويمكن إدراج النتائج كالآتي :

أولاً : دراسة تأثير تغيير سعة فتحة فوهة الرشاشة على سرعة دورانها استعملت في هذه التجربة ثلاث فوهات أقطارها $\frac{3}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{4}$ مع ثبوت باقي العوامل المؤثرة . وقد تبين أنه كلما وسعت الفوهة كلما زادت سرعة الرشاشة . ويمكن تعليل ذلك بأن :

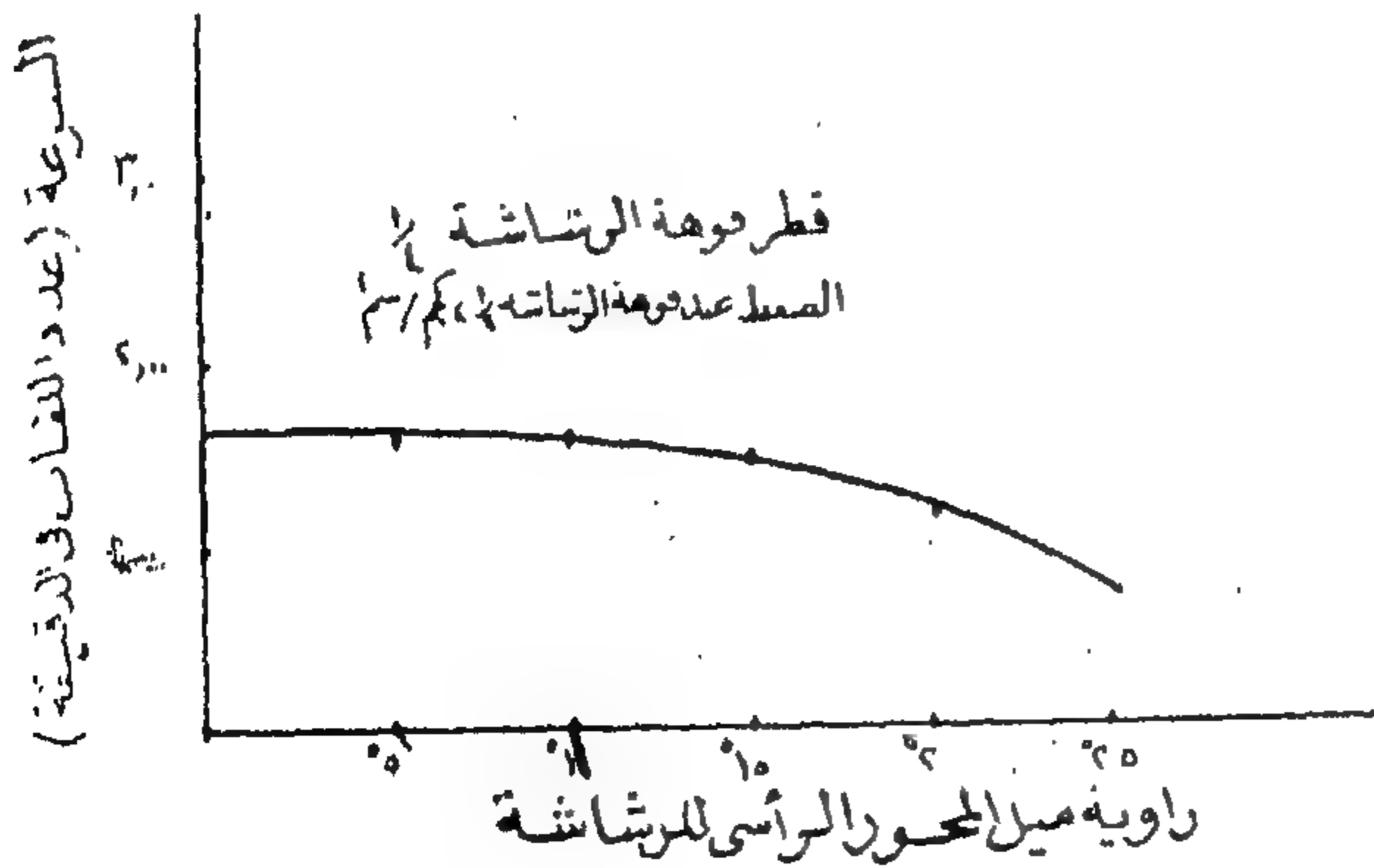
زيادة سعة الفوهة تزيد كمية المياه التي تصدم نهاية الذراع المتحرك أي تزيد الدفع الواقع على الذراع وبالتالي تزداد زاوية الابتعاد القصوى له وتخزن السوستة هذه الطاقة لتعطيها فوراً إلى الذراع فتعيده ثانية إلى الرشاشة ولما كان :

الدفع الواقع على الرشاشة نتيجة عودة الذراع =

العزم الدائري للرشاشة \propto التغيير في السرعة الدائرية .



بدرجة محسوسة عند وضع المحور الراسي للرشاشة بزاوية ١٠ ، ١٥ درجة . غير أن السرعة بدت تقل عند وضعها على زاوية ٢٠ ، ٢٥ درجة كما يتضح من الشكل رقم ٣ . كما كان واضحاً عدم إنتظام سرعة الرشاشة في الدورة الواحدة . هذا وقد نصل إلى نتائج أفضل باستعمال المقاس

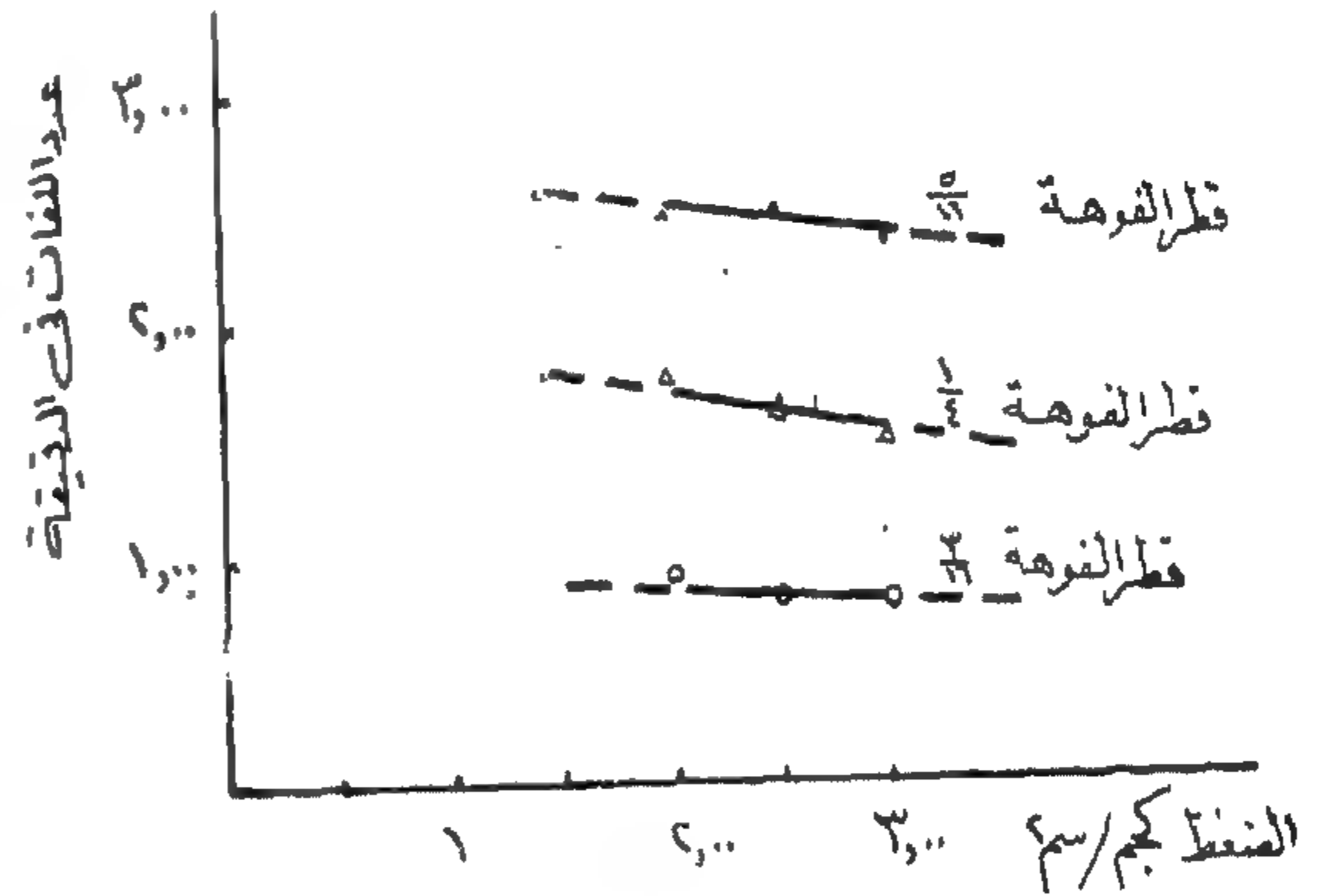


شكل رقم (٣) بين العلاقة بين زاوية ميل المحور الراسي للرشاشة والسرعة

لذلك فإن زيادة الدفع الواقع على الرشاشة يزيد السرعة الدائرية لها وبالتالي فإن زيادة سعة الفوهة يزيد السرعة الدائرية لها .

ثانياً : دراسة تأثير زيادة الضغط المائي على سرعة دوران الرشاشة :

وبإجراء التجارب السابقة الخاصة بالثلاث فوهات قطر $\frac{3}{16}$ ، $\frac{1}{4}$ ، $\frac{9}{16}$ تحت ضغوط ثابتة مقدارها ٢ ، ٢.٥ ، ٣ كيلوجرام على السنتيمتر المربع أمكن رسم الشكل رقم ٢ . ومنه يتضح أن زيادة ضغط المياه يظل سرعة دوران الرشاشة وتعليل ذلك أن زيادة ضغط المياه يزيد القوة الواقعة على الجزء المتحرك من الرشاشة فيزداد الاحتكاك بين سطحي الدوران الأفقيان ، وبالتالي تزداد مقاومة حركة الرشاشة للدوران فتقل سرعتها .



شكل رقم (٢) بين العلاقة بين الضغط عند الفوهة والسرعة

ثالثاً : دراسة تأثير زاوية ميل الرشاشة عن الوضع الراسي لها (حالة إنحدار أرض الزراعة وميل الماسورة النقال والرشاشة تبعاً لها) .

في هذه التجارب استعملت الفوهة قطر $\frac{1}{4}$ وبثبتت الضغط على $\frac{2.5}{1}$ كيلوجرام على السنتيمتر المربع أجريت التجارب على أساس تغيير زاوية ميل الماسورة الرأسية الحاملة للرشاشة من صفر إلى ١٠ ، ١٥ ، ٢٠ ، ٢٥ درجة على التوالى وقد اتضح أنه بينما لم تتأثر سرعة الدوران

الرأسى بزاوية الميل التي ستتعرض لها في المنطقة التي ستعمل بها . مع توصية القائمين بنقل المواسير بضرورة وضع الماسورة الحاملة للرشاشات في نفس المستوى الرأسى الذي يشمل محور الماسورة النقالى ، وخاصة بالنسبة للرشاشات التي تعتمد في حركتها على ذراع به ثقل يتأثر بميل الرشاشة عن وضعها الرأسى .

الأصغر للرشاشة أو رفع الضغط عن $2\frac{1}{4}$ كيلو جرام على السنتيمتر المربع وهو ما تعذر عمله لظروف خارجة عن التجربة .

من ذلك يتضح ضرورة فحص معامل توزيع أى رشاشة Uniformity Coeff في حقل التجارب^(١) مع وضع محررها

(١) « دراسة العوامل المؤثرة في توزيع مياه الري بالرش » . العدد الأول من المجلة الفنية لوزارة الأشغال العمومية — أغسطس

إنتاج المواسير الحديدية وغير الحديدية بدون لحام

دكتور مهندس بطرس مينا بطرس

بحث شامل لنظريات التشكيل ومدى تطابقها مع النتائج العملية . دراسة المتغيرات وتأثيراتها على معدن المواسير . مواد التزيت الأكاديمية والتجارية وعلاقتها بالاحتكاك الحادث بين جدران المواسير واسطوانات السحب .

(١)

مقدمة :

تعددت الأبحاث التي أجريت حتى اليوم على موضوعات تصنيع المواسير الحديدية وغير الحديدية ، على البارد بدون لحام . ولقد شملت هذه الأبحاث فترة زمنية طويلة يمكن تقديرها بحوالي أربعين عاماً .

ولقد اتجه الرأي أولاً ، في التحليل النظري ، إلى اعتبار أن العملية تركز على أسس الجهد المستوى ، أى مع إهمال الجهد في الاتجاه الثالث . وهذا التحليل يصح قبوله في حالات المواسير رفيعة الجدران . ثم أدخلت عليها بعض التعديلات الحديثة باعتبار أن العملية تركز على أسس تناسق الجهد المحورى ، والتي تأخذ في الاعتبار تأثير الجهود في الثلاث اتجاهات الرئيسية . ومن النظريات التي بنيت على هذا التحليل نظرية سويفت لسحب المواسير فارغة ، ونظرية بطرس لسحب المواسير .

ولقد قورنت كثير من هذه النظرات بنتائج التجارب العملية التي قام بها المؤلف وآخرون في هذا المجال .

ومن العوامل الهامة التي تؤثر على ناتج سحب المواسير أو كفاءتها تصميم الاسطوانات ، ثم الاحتكاك الحادث ومواد التزيت المستعملة . ولقد أجريت كثير من التجارب لدراسة هذه

التأثيرات وتحليلها وبيان مدى تأثير النظريات السابقة بها . ولعل مواد التزيت وطبيعة الاحتكاك من أكثر ما تهتم بدراسته المصانع المنتجة لهذا النوع من المواسير . ولقد قام المؤلف بكثير من التحاليل على هذا الموضوع الهام ، ومنها تقدير قيمة معامل الاحتكاك بين جدران المواسير وأسطح الاسطوانات أثناء عمليات السحب ، وبعد قياس القوى المختلفة المؤثرة على الأجزاء العاملة . ولما كانت الخطوات الأولى السابق استخدامها بواسطة المؤلف هي حساب متوسط معامل الاحتكاك على طول سطح الاسطمة ، لذلك تجرى الآن بعض الأبحاث بكلية الهندسة تحت إشراف المؤلف لتحديد مدى التغير في معامل الاحتكاك على طول أسطح التلاصق ، كما تجرى محاولات لقياس معامل الاحتكاك بين أسطح الماسورة الداخلية وجدار الدليل الداخلى .

كذلك يقوم المؤلف بدراسة مدى تأثير أبعاد الماسورة بعد السحب بدرجة مرونة الاسطمة وتأثرها بالضغط الجانبية والتي تصل إلى أضعاف قوى السحب الفعلية .

ومن النتائج الهامة التي حصل عليها المؤلف صلاحية بعض مواد التزيت لمعادن معينة ، وعدم صلاحيتها لبعض المعادن الأخرى ، وذلك بالنسبة لعدم إمكان تماسك مادة التزيت هذه على أسطح المواسير ، وتمزقها أثناء عملية السحب . ومن هذه المواد محلول الصابون والذي يناسب عمليات سحب مواسير الصلب ، ولا يناسب المواسير غير الحديدية ، بالرغم من استمرار استخدام هذه الطريقة الأخيرة حتى الآن بالصناعة ، مما يزيد من أحمال السحب ويفسد طبيعة أسطح المواسير بعد تشكيلها على البارد ، والتي هي من أهم مميزات هذا النوع من التشكيل .

تبدأ عملية إنتاج المواسير غير الماحومة بتسخين كتل اسطوانية معدنية ، ثم خرقها بواسطة دفعها على عمود يمر خلال هذه الكتلة وبطول محورها . ولما كانت درجة تسخين المعدن في هذه المرحلة أعلى من درجة الحرارة الحرجة ، فإن العملية تتم على الساخن .

تبدأ بعد ذلك عمليات سحب هذه المواسير القصيرة ذات السمك الكبير ، خلال اسطوانات ذات أشكال مناسبة سيأتى الكلام عنها فيما بعد ، على البارد . وكل نوع من هذه الاسطوانات له تأثيراته الخاصة على ناتج العملية ، وعلى كل من مقدار الطاقة المبذولة في السحب والجهود الحادثة في جدران المواسير .

ويقصد بعملية السحب على البارد أنها تتم بدون إعادة تسخين المواسير ، ولا يشترط أن تكون درجة حرارة المواسير هي درجة حرارة الغرفة . فقط يشترط أن تكون درجة الحرارة هذه أقل من الدرجة الحرجة للمعدن ، والتي يتغير عندها تركيبه البللورى . وتتأثر خواصه الطبيعية والميكانيكية تبعاً لذلك . ومن الأسباب التي تهدف إليها الصناعة في سحب المواسير على البارد وليس على الساخن هو الحصول على أبعاد دقيقة للمواسير ، والذي يصعب الحصول عليه عند السحب على الساخن . كما أن هذه العمليات تساعد على صقل أسطح المواسير وعلى الأخص الخارجية منها مع درجة عالية لدقة التشطيب . ومن عيوب هذه العمليات أنها تحد من درجة لدونة المعدن وتزيد من صلابته (Strain Hardening)

تقسيم عملية سحب المواسير :

يمكن تقسيم عملية سحب المواسير على البارد إلى الأنواع الرئيسية المبينة بالشكل (١) وهى كالاتى :

(١) ضغط المواسير فارغة (Hollow Pressing) ، وفيها تدفع المواسير بواسطة الضغط عليها خلال الاسطوانات بدون استخدام دليل داخلى .

(ب) سحب المواسير فارغة (Hollow Drawing or Sinking) ، وفيها تسحب المواسير خلال الاسطوانات بدون دليل داخلى ولا تتحكم مثل هذه العملية أو الأدوات المستخدمة تماماً في شكل وخواص المواسير الناتجة .

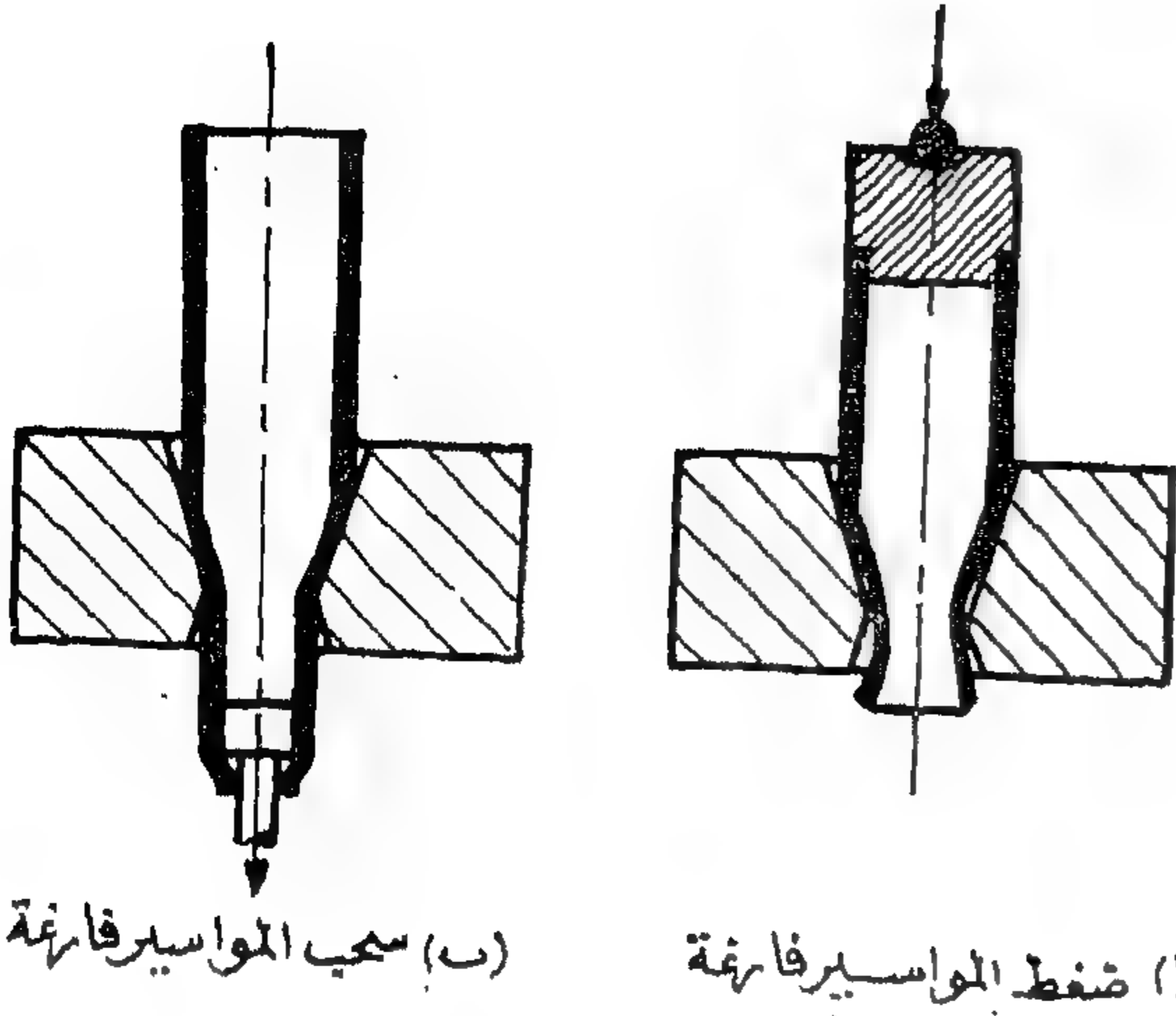
(ج) سحب المواسير مع دليل ثابت (Plug drawing) ، يوضع الدليل داخل فتحة الاسطوانات بحيث ينطبق محوره مع محور الماسورة ثم يثبت الدليل في مكانه . تسحب الماسورة خلال الفراغ المحصور بين الأداتين وتتحكم الاسطوانات والدليل في سمك الماسورة وفي قطرها الخارجى . وهناك طريقة مشابهة مع دليل متحرك يسحب هو الآخر خلال فتحة الاسطوانات مع الماسورة نفسها وتسمى هذه العملية بسحب المواسير مع دليل متحرك Mandrel drawing .

(د) كى المواسير (Tube Ironing) ، وفيها يبقى القطر الداخلى على ما هو عليه باستخدام دليل متحرك أو ثابت وينحصر التغير هنا في قطر الماسورة الخارجى . وعليه يقل سمك جدران الماسورة وتقل مساحة المقطع تبعاً لذلك .

دراسات نظرية

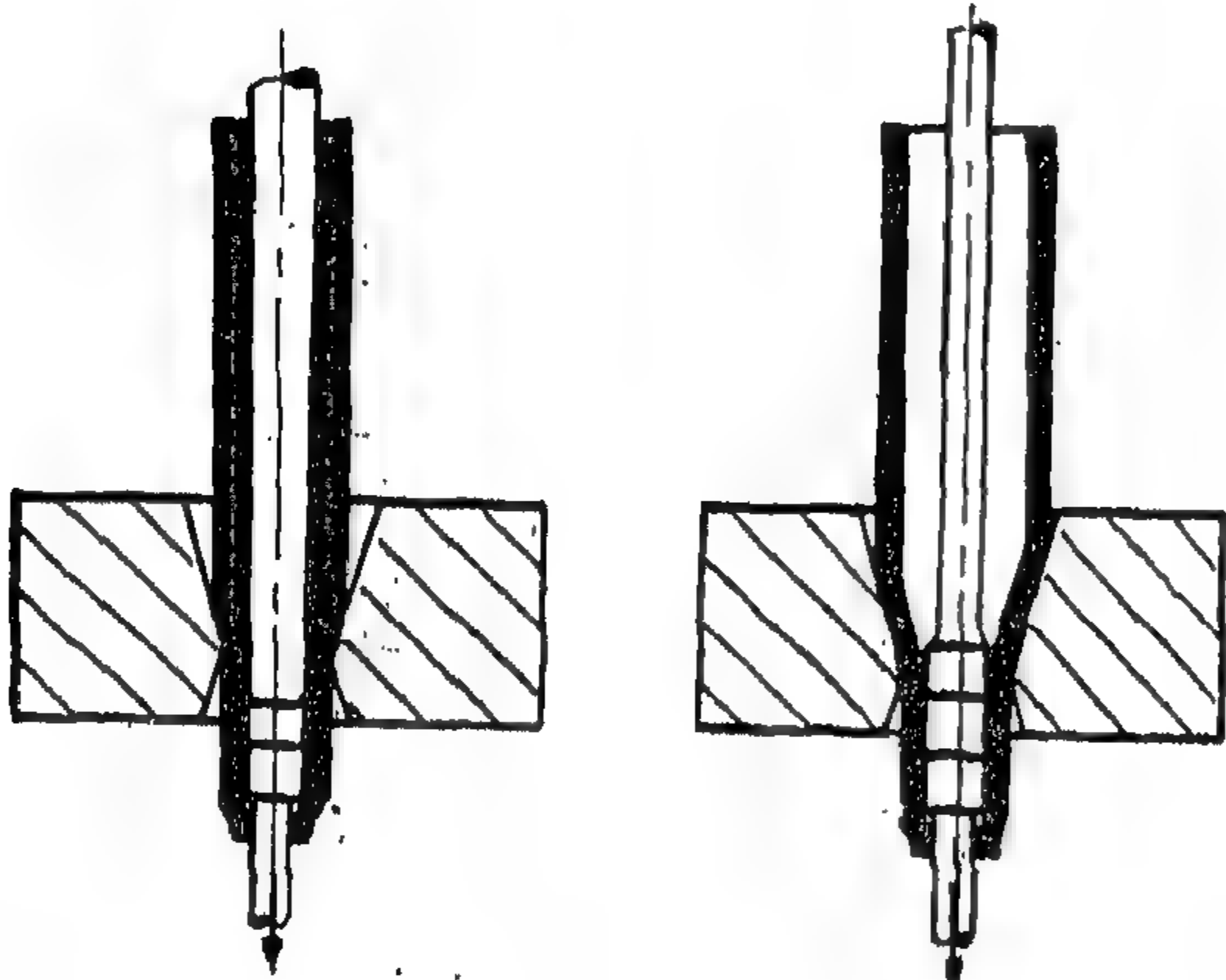
تعرف اللدونة بأنها الصفة التي تسبب تغيراً دائماً في شكل جسم ما بدون حدوث أى كسر ، وذلك عند تعرض الجسم لتأثير قوى خارجية وعند دراسة خط يمانى الجهد — الإجهاد لمعدن ما تظهر عليه منطقتان واضحتان إحداها منطقة المرونة

سنبكل (١)



(ب) سحب المواسير فارغة

(أ) ضغط المواسير فارغة



(د) سحب المواسير

(ج) سحب المواسير مع دليل ثابت

والأخرى منطقة اللدونة . ويصحب هاتين تقطقي الإنسياب ، الأولى على حدود منطقة المرونة حيث تتغير صفات خط يئاني الجهد — الاجهاد والثانية هي نقطة الكسر .

ولقد وضع الكثيرون نظريات مختلفة لشرح ما يحدث في المعادن عند حدوث الإنسياب أو الكسر تحت تأثير إجهادات مركبة Combined Stress System فأوضح جست Guest (١) ثم أثبت بعده الكثيرون (٢) ، (٣) ، (٤) أن إنسياب المعادن المرنة يخضع لقيمة أقصى إجهاد قص واقترحت المعادلة

$$\sigma = (\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$$

لربط الإجهادات الرئيسية الثلاث ، وإجهاد المعدن تحت تأثير الشد البسيط (Yield Stress In Simple Tension) ومن أهم التفسيرات للمعادلة السابقة نظرية العالمات ميزس وهنكي (Mises-Hencky) والتي تعطي العلاقة التالية بين المتغيرات السابق ذكرها .

$$\sigma^2 = (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2$$

أما نظرية تريسكا (Tresca) فتعتمد على ثبوت أقصى إجهاد قص ، أي القص الواقع على سطح منصف للزاوية بين أكبر وأقل إجهادات رئيسية ، بفرض أنها σ_x ، σ_y ، σ_z . وتعطي هذه النظرية العلاقة كما يأتي : —

$$(\sigma_x - \sigma_y) = \sigma_z$$

ولقد اتبعت طريقتان مختلفتان في التحليل النظري لعمليات السحب بشقي طرقها السابق التكلم عنها . ولقد بنيت الطريقة الأولى على أساس اعتبار أن الجهود الحادثة تتجمع في مستو واحد ، مع إهمال الجهد في الاتجاه المتعاقد على هذا المستوى . أما الطريقة الثانية ، والتي رجحت صلاحيتها عن الطريقة السابقة ، وعلى الأخص بعد مقارنة فروضها مع النتائج العملية لمختلف التجارب التي عملت في هذا المحيط ، تبنى هذه النظرية الثانية على أساس اعتبار الجهود متناسقة التوزيع حول محور المايورة . هذا مع العلم بأنه قد استعين أحياناً ببعض التقريب حتى يمكن الوصول إلى حلول وقيم نظرية مناسبة يمكن التعويض فيها عن المتغيرات المختلفة وتمثيلها بخطوط بيانية للمقارنة بينها وبين النتائج العملية .

نظرية سويفت (٥) لتحليل عمليات ضغط المواسير أو سحبها فارغة فارغة (٦) — علماً بأن أساس هذه النظرية تناسق الجهود وانتظام توزيعها حول محور الماسورة :

أهمل سويفت ، عند تحليل هذه النظرية ، تأثيرات ثني الجدران إلى الداخل ثم إلى الخارج ثانية ، أثناء مرور الماسورة خلال الأسطوانة وتحليل توازن حلقة صغيرة — شكل (٢) — واقعة تحت تأثير القوى المختلفة الموجودة أثناء عملية السحب (مع إهمال قوة الاحتكاك مؤقتاً) ، نجد أن :

بالتحليل في الاتجاه الأفقي لنصف الحلقة :

$$\therefore 2 \text{ ضغط} \cdot \text{د} \cdot \text{ل} \cdot \text{ك} + \text{ض} \cdot 2 \cdot \text{ل} \cdot \text{ك} \cdot \alpha = (\text{ض} + \text{د} \cdot \text{ض}) \cdot 2 \cdot (\text{ل} + \text{د} \cdot \text{ل})$$

$$\text{ك} \cdot \alpha + \text{ض} \cdot 2 \cdot \text{ل} \cdot \text{ك} \cdot \alpha$$

$$\text{وبإهمال الحد د} \cdot \text{ض} \cdot \text{ل} \cdot \text{ك} \cdot \alpha$$

$$\text{وأيضاً بملاحظة أن } \alpha = \frac{\text{د}}{\text{ل}} \text{ يمكن الوصول إلى أن}$$

$$\text{ضغط} \cdot \text{ك} = \text{ض} \cdot \text{ل} \cdot \alpha + \alpha \cdot \frac{\text{د}}{\text{ل}} \cdot (\text{ض} \cdot \text{ل} \cdot \text{ك} \cdot \alpha) \text{ ————— (١)}$$

وبتحليل القوى المؤثرة في الاتجاه الرأسي للحلقة بكاملها .

$$\therefore 2 \cdot \text{ط} \cdot \text{ل} \cdot \text{ك} \cdot \alpha + \text{ض} \cdot 2 \cdot \text{ل} \cdot \text{ك} \cdot \alpha = (\frac{\text{د}}{\text{ل}} + \text{ل}) \cdot \text{ض} \cdot \text{ك} \cdot \alpha$$

$$2 \cdot \text{ط} \cdot (\text{ل} + \text{د}) \cdot \text{ك} \cdot \alpha = (\text{ض} + \text{د} \cdot \text{ض}) \cdot \text{ك} \cdot \alpha$$

ومنها الوصول إلى أن :

$$\text{ل} \cdot \text{ك} = \text{ض} \cdot \left(\frac{\text{د}}{\text{ل}} + \text{ل} \right) \cdot \alpha = (\text{ض} \cdot \text{ل} \cdot \text{ك} \cdot \alpha + \text{د} \cdot \text{ض} \cdot \text{ك} \cdot \alpha) \text{ (٢)}$$

وبحذف ض من بين المعادلتين ١ و ٢ نجد أن

$$\text{ضغط} \cdot \text{ك} = \frac{\text{د}}{\text{ل}} \cdot (\text{ض} \cdot \text{ل} \cdot \text{ك} \cdot \alpha + \text{د} \cdot \text{ض} \cdot \text{ك} \cdot \alpha) + \alpha \cdot \text{ك} \cdot \alpha$$

$$= \frac{\text{د}}{\text{ل}} \cdot (\text{ض} \cdot \text{ل} \cdot \text{ك} + \text{د} \cdot \text{ض} \cdot \text{ك}) + \alpha \cdot \text{ك} \cdot \alpha \text{ ————— (٣)}$$

ويمكن إعداد معادلة أخرى تربط ما بين ض و ضغط أساسها طبيعة لدونة المعدن ، وبعد بعض المحاولات التجريبية والمقارنة بين نظريتي هنسكي وتريسكا السابق ذكرها ، أمكن الوصول إلى أن النظرية الأولى أضبط لتحليل وهي التي تمثل بالمعادلة :

$$(\text{ض} - \text{ضغط})^2 + (\text{ض} - \text{ض})^2 + (\text{ض} - \text{ض})^2 = 2 \cdot \text{ت}^2$$

أولاً : بإهمال التغير في سمك الجدران في حساب الإجهادات .

يمكن اختصار المعادلة (٣) إلى

$$\text{سط} = \text{ض س} + \text{ن س} \cdot \frac{\text{س ض س}}{\text{س ن س}}$$

بوضع سط . ك = $\frac{\text{س}}{\text{س ن س}} (\text{ض س} \cdot \text{ك} \cdot \text{ن س})$ بالمعادلة (١) نجد أن

$$\text{سط} \cdot \text{ك} = \text{ض س} \cdot \text{ك} \cdot \text{ن س} \cdot \text{حتا} + \text{حا}^2 \cdot \text{سط} \cdot \text{ك}$$

$$\text{أى أن} \quad \text{ض س} = \text{سط} \cdot \text{ك} \cdot \frac{\text{حا}}{\text{ن س}}$$

والتي يمكن إهمالها في أغلب العمليات المعتادة .

وتصبح معادلة اللدونة على الصورة .

$$\text{ض}^2 \text{ط} - \text{ض} \cdot \text{سط} + \text{ض}^2 \text{س} = \text{ت}^2 \text{ش}$$

$$\text{أو} \quad \text{ض}^2 \text{ط} - \text{ض} \cdot \text{سط} + \text{ض}^2 \text{س} = \text{ت}^2 \text{ش}$$

ومنها يمكن القول بأن

$$\text{سط} = \frac{1}{\text{ط}} (\text{ض س} \pm \sqrt{\text{ت}^2 \text{ش} - \text{ض}^2 \text{س}})$$

بالتعويض في المعادلة (٣) نجد أن :

$$\frac{1}{\text{ط}} (\text{ض س} \pm \sqrt{\text{ت}^2 \text{ش} - \text{ض}^2 \text{س}}) \cdot \text{ك} =$$

$$= \text{ن س} \cdot \frac{\text{س}}{\text{س ن س}} (\text{ك} \cdot \text{ض س} + \text{ك} \cdot \text{سط})$$

$$\therefore \text{ن س} \cdot \frac{\text{س ض س}}{\text{س ن س}} = \frac{1}{\text{ط}} (\text{ض س} \pm \sqrt{\text{ت}^2 \text{ش} - \text{ض}^2 \text{س}})$$

$$\text{بالقسمة على ت ش وبفرض} \quad \text{س} = \frac{\text{ض س}}{\text{ت ش}}$$

ينتج أن

$$\frac{\text{ت س} \cdot \text{س ن س} \cdot \text{س}}{\text{ن س} \cdot \text{س ض س}} = \frac{\text{س} \cdot \text{س} \cdot \text{س}}{\text{س ن س} \cdot \text{س} \cdot \text{س}} = \frac{\text{س} \cdot \text{س} \cdot \text{س}}{\text{س ن س} \cdot \text{س} \cdot \text{س}}$$

$$\text{ولما كانت } \frac{ض س}{ت س} = س$$

$$و ض س = ت س \cdot س$$

$$\therefore \frac{1}{4} = \frac{و س}{و س} + \frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} = \text{صفر}$$

في حالة سحب الماسورة من نصف قطر س إلى س نجد أن

$$(1) \frac{1}{4} = \frac{و س}{و س} + \frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} = \text{صفر}$$

$$\therefore \frac{1}{4} = \frac{و س}{و س} + \frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} = \text{صفر}$$

$$\frac{1}{4} \text{ لو } \frac{و س}{و س} + \left(\frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} - \frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} \right) = \text{صفر}$$

$$\therefore \frac{1}{4} \text{ لو } \frac{و س}{و س} + \left(\frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} - \frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} \right) = \text{صفر}$$

$$(2) \frac{1}{4} = \frac{و س}{و س} + \frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} = \text{صفر وبالتكامل}$$

$$\therefore \frac{1}{4} \text{ لو } \frac{و س}{و س} + \left(\frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} + \frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} \right) = \text{صفر}$$

بتحليل الحالة الأولى (1) نجد أنه بفرض $س > 1$ أو $س < 1$ أو أى قيمة سالبة نجد أن

$$\text{لو } \left(\frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} - \frac{و س}{س \sqrt{3 - 4 س^2}} \right) \text{ تكون لو (كمية سالبة).}$$

وهذا لا يمكن حدوثه ، لأنه في حالة $ص = \text{لو ه} - ع$

$$\therefore \text{ه} = ع$$

وهذا لا يكون لأى قيمة موجبة أو سالبة المقدار ص

$$\text{وبفرض أن } س = 1$$

$$\therefore \text{لو } \left(\sqrt{-\frac{s}{2}} - 1 \right)^2 - \frac{3}{4}s = 0 \text{ لو صفر} = \text{ص}$$

∴ هـ ص = صفر

∴ ص قيمتها سالبة .

وهذه أيضاً لا معنى لها في دراستنا الحالية .

وعلى ذلك فإن الحالة (١) لا مجال لها في التحليل الحاضر . وكما سبق القول

$$\text{ضط} = \frac{1}{3} \left(\sqrt{\frac{3}{4} \text{ض}^2 - \frac{2}{3} \text{ت}^2} \pm \frac{2}{3} \text{ت} \right)$$

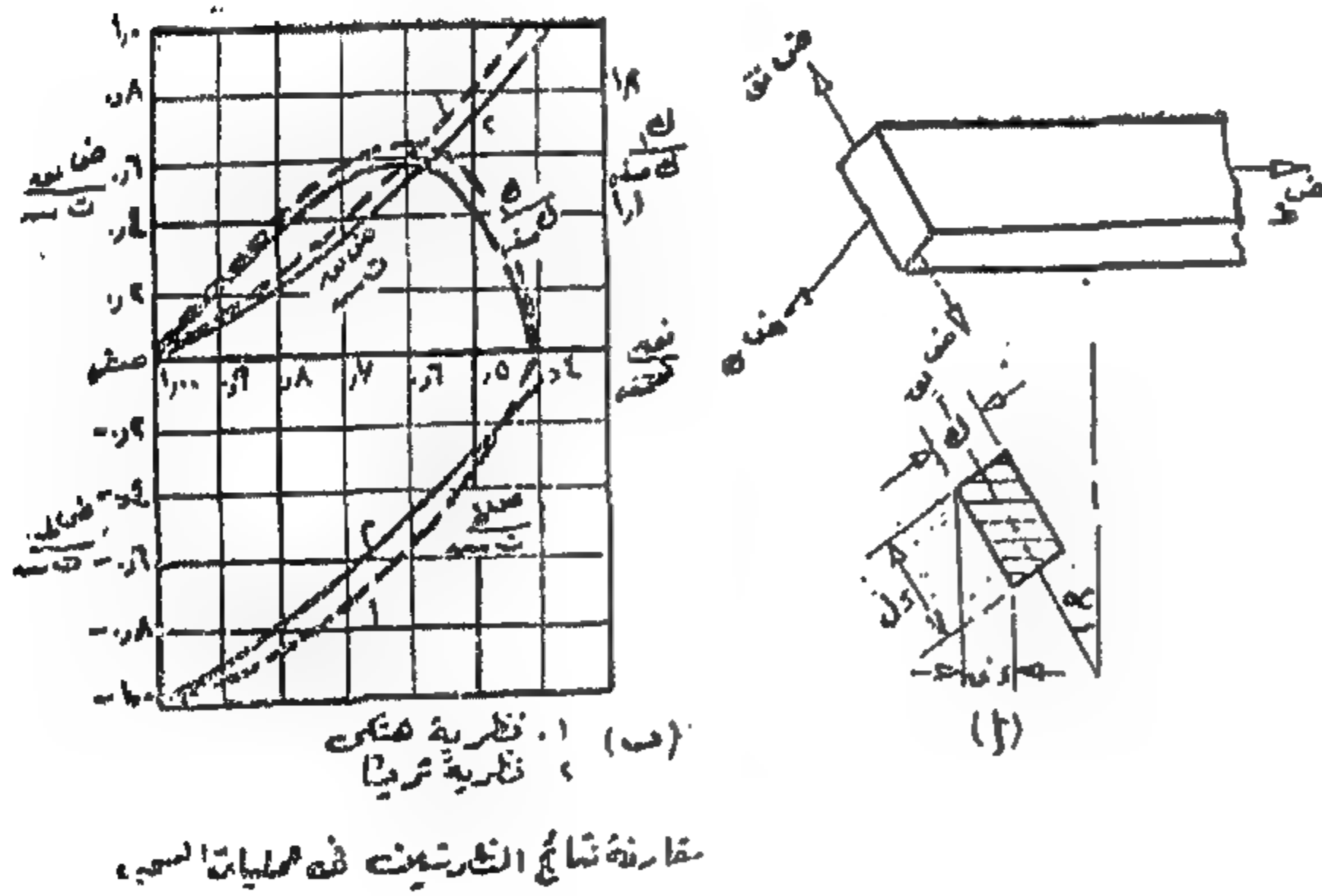
$$\therefore \frac{\text{ضط}}{\text{ت}} = \frac{1}{3} \left(\sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{\text{ض}}{\text{ت}} \right)^2 - \frac{2}{3}} \pm \frac{2}{3} \right)$$

$$\frac{s}{t} = \sqrt{\frac{3}{4} - 1} \pm \frac{1}{2}$$

ويبين شكل (٢-ب) خطوط بيانية لقيم الإجهادات نصف القطرية ض_١ والإجهادات المحيطة ض_٢ عند أى نصف قطر ت_١ بجدران ماسورة سحبت من نصف قطر أصلى ت_١ صفر . ويمكن معرفة قيمة الإجهاد عند عنق الاسطمة (حيث تمثل ض_١ قوة السحب) ، بالتعويض عن ت_١ بالقيمة ت_١ . ويبين الجزء من الخط البياني بين ت_١ = ت_١ صفر و ت_١ = ت_١ التغيرات في معدل الإجهاد وذلك أثناء حركة الماسورة خلال الاسطمة .

أما في حالة ضغط المواسير فيمكن استخدام نفس المعادلة السابقة لحساب قيم الإجهادات بشرط التعويض عن ت_١ صفر بالقيمة ت_١ ، وتكون قيم س سالبة . وحتى يمكن المقارنة مع بعض عمليات السحب يحسن إعطاء قيم الإجهادات بدلالة التخفيض من ت_١ صفر .

والآن يجب اعتبار التغير في سمك جدران الماسورة . وهذا التغير يمكن إدخاله في المعادلات باعتبار العلاقة بين الجهد والإجهاد للانسياب اللدن .



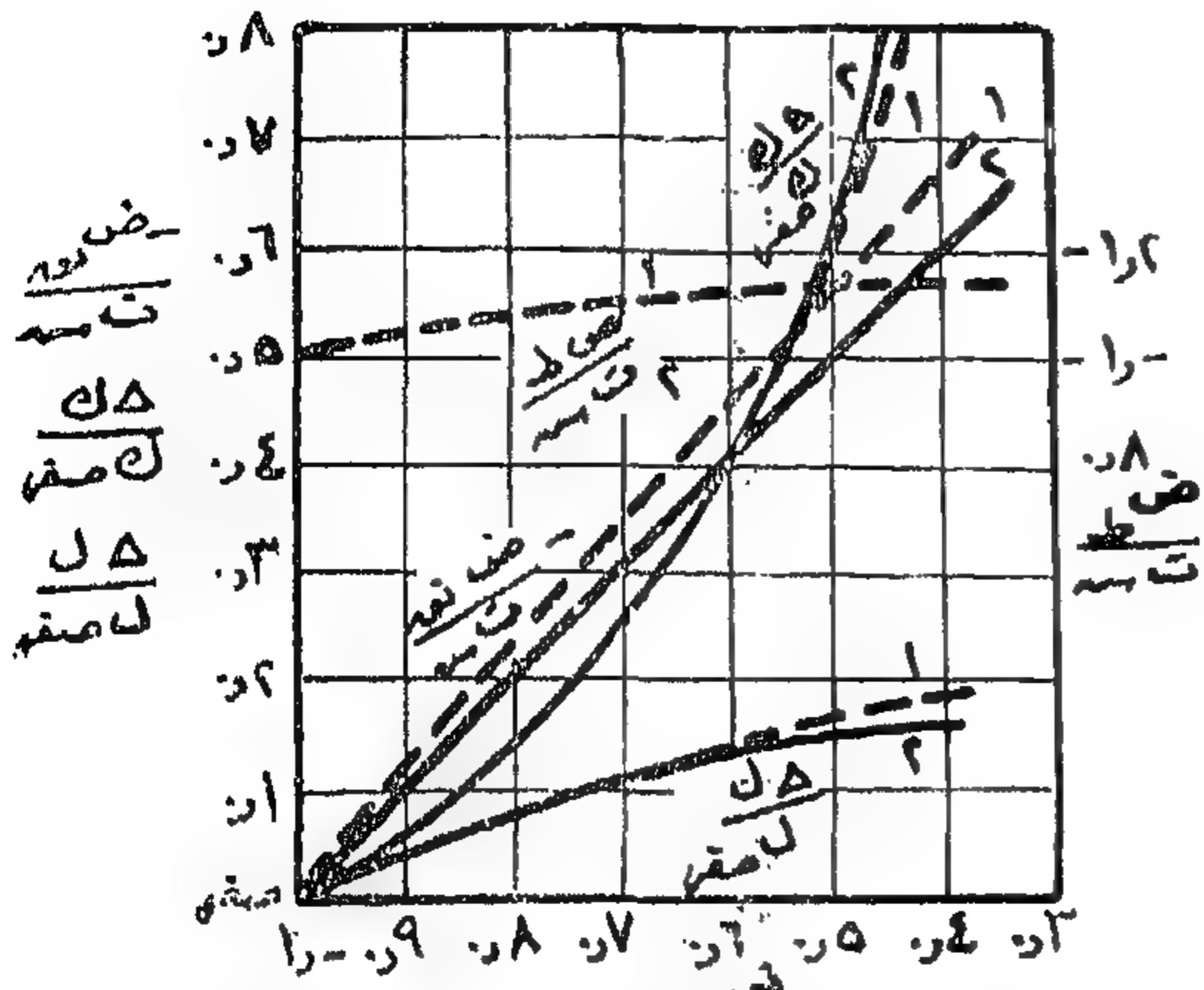
شكل (٢)

من التشابه بين دوائر مور Mohr's Circle

للزيادات في الجهد والإجهاد .

$$\therefore \frac{\frac{s}{t}}{\frac{s}{t}} = \frac{\text{ض} - \text{ض}}{\text{ض} - \text{ض}} = \frac{2 \text{ض} - \text{ض}}{2 \text{ض} - \text{ض}}$$

$$\text{حيث ض} = \frac{\text{ص} + \text{ض} + \text{ض}}{3}$$



وهذه العلاقة صحيحة بغض النظر عن قيم الإجهادات الرئيسية الثلاث النسبية أو إشارتها .

ولما كانت قيمة ض ك بسيطة ويمكن إهمالها .

$$(٤) \quad \frac{\frac{\Delta \text{ك}}{\text{ل صفر}} + \frac{\Delta \text{ل}}{\text{ل صفر}}}{\frac{\Delta \text{ك}}{\text{ل صفر}} - \frac{\Delta \text{ل}}{\text{ل صفر}}} = \frac{\frac{\Delta \text{ك}}{\text{ل}}}{\frac{\Delta \text{ل}}{\text{ل}}} \quad \therefore$$

مما نرى نتائج النظرية في عمليات الضغط
شكل (٣)

ومن حقيقة بقاء حجم المعدن ثابتاً .

$$\therefore \frac{\frac{\Delta \text{ك}}{\text{ل}}}{\frac{\Delta \text{ل}}{\text{ل}}} : \frac{\frac{\Delta \text{ل}}{\text{ل}}}{\frac{\Delta \text{ك}}{\text{ل}}} = (\text{ض} + \text{ض} ٢) : (\text{ض} ٢ - \text{ض}) : (\text{ض} + \text{ض} ٢)$$

- حيث $\frac{\Delta \text{ل}}{\text{ل}}$ تساوى الجهد في اتجاه ض

وإذا سحبت الاسطوانة من نصف قطر أصلي ل صفر إلى نصف قطر أصغر ل ، فإنه يمكن الحصول على قيمة ض من المعادلة .

$$\text{ل صفر} + \frac{\text{ل صفر}}{\text{ل صفر}} + \left(\sqrt{\frac{\text{ل صفر}}{\text{ل}}} - 1 \right) \frac{\text{ل صفر}}{\text{ل صفر}} = \frac{\text{ل صفر}}{\text{ل صفر}} \quad \text{صفر}$$

$$\text{وبفرض أن ح} = \frac{\text{ل صفر}}{\text{ل}} \quad \text{هـ}$$

$$\therefore \text{ح} = \frac{\text{ل صفر}}{\text{ل}} = \text{هـ}$$

$$\therefore \text{ج} = \frac{\text{ل صفر} - \text{ل}}{\text{ل}} = \text{هـ}$$

وبعد الاختصار تصبح المعادلة السابقة بالصورة :

$$(٥) \quad \text{ل صفر} + \frac{\text{ل صفر}}{\text{ل صفر}} + \left(\frac{\text{ل صفر}}{\text{ل}} - (\text{هـ} + \frac{\text{ل صفر}}{\text{ل}}) \right) \frac{\text{ل صفر}}{\text{ل صفر}} = \text{صفر}$$

ويبين الشكل (٢ - ب) قيم المقادير $\frac{ض س}{ت س}$ و $\frac{ض ط}{ت س}$ و $\frac{ل}{ل صفر}$ وطبيعة تغيرها مع قيم $\frac{ن}{ن صفر}$

وبتطبيق نظرية تريسكا وتحليلها بطريقة مماثلة للطريقة السابقة أمكن رسم الخطوط البيانية الموضحة على نفس الشكل (٢ - ب) لمقارنتها بنتائج نظرية هنكي .

ويبين شكل (٣) مقارنة مماثلة بين النظريتين في حالة ضغط المواسير . هذا مع ملاحظة ما يأتي :

أولاً - تعطى نظرية هنكي معادلة مماثلة للمعادلة (٥) في حالة السحب بشرط أن يستعاض عن $\frac{ن}{ن صفر}$ بالقيمة $\frac{ن}{ن صفر}$ وتعطى $س$ قيم سالبة . وفي عملية السحب تكتب قيم الإجهادات والجهود بدلالة التخفيض من نصف القطر $\frac{ن}{ن صفر}$ أما في حالة الضغط لا تكون الإجهادات والجهود عند قيم $\frac{ن}{ن صفر}$ المختلفة قيم محدودة للنسبة $\frac{ن}{ن صفر}$ كما كان الحال في السحب

ولكنها تعتمد أيضاً على النسبة $\frac{ن}{ن صفر}$

ثانياً - عند تطبيق نظرية تريسكا على عمليات ضغط المواسير تكون طبيعة $ض س$ هو الضغط في حالات المعادن التي تشكل مع فرض عدم حدوث احتكاك أو زيادة الصلادة :
مع استخدام نظرية تريسكا واعتبار التغير الذي قد يحدث في سمك جدران الماسورة .

لعمليات السحب :

تعطى نظرية اللدونة لثريسكا العلاقة

$$ض س - ض ط = ت س$$

وتعطى المعادلة (٣) السابق الحصول عليها العلاقة

$$ض ط . ل = \frac{س}{ن} . (ض س . ل) + ض س . ل$$

وبالتعويض من المعادلة الأولى في الثانية (عن قيمة $ض ط$) ينتج أن

$$س ض س + ض س . \frac{ل}{ل} . ت س + \frac{س}{ن} . ت س = \frac{س}{ن} . ت س + \frac{ل}{ل} . ت س \quad (١)$$

تحويل النظرية السابقة مع اعتبار تأثير كل من الاحتكاك وزيادة المداورة والتغيرات في سلك الجدران :
ويتناقش هذا الجزء من النظرية باستخدام نظرية ثريسكا . ويكون توزيع الإجهادات كما هو مبين بشكل (٥)

لعمليات الضغط :

شرط نظرية اللدونة يعطى

$$\text{ضغط} = - \text{تس}$$

ومن المعادلة (٣) السابق ذكرها

$$\text{ضغط} \cdot \text{ك} = \text{ك} \cdot \text{ك} \cdot \frac{\text{ك}}{\text{ك}} + (\text{ك} \cdot \text{ك}) + \text{ك} \cdot \text{ك}$$

وبالتعويض عن قيمة ضغط نجد أن

$$\text{ك} \cdot \text{ك} + \text{ك} \cdot \text{ك} + \frac{\text{ك}}{\text{ك}} \cdot (\text{ك} + \text{ك}) = \frac{\text{ك}}{\text{ك}} \cdot \text{ك} \cdot \text{ك} \quad (١)$$

ويعطى التشابه بين زيادات الجهد والاجهاد .

$$\frac{\text{ك}}{\text{ك}} = \frac{\text{ك} + \text{ك}}{\text{ك} - \text{ك}}$$

ثم بالتعويض عن ضغط

$$\therefore \frac{\text{ك}}{\text{ك}} = \frac{\text{ك} \cdot \text{ك}}{\text{ك} + \text{ك}} \cdot \frac{\text{ك} - \text{ك}}{\text{ك} + \text{ك}} \quad (٢)$$

ومن معادلة ثبوت حجم المعدن وبفرض أن

$$\frac{\text{ك}}{\text{ك}} = \text{ك} \cdot \text{ك} \cdot \text{ك} = \text{ك} \cdot \text{ك} \cdot \text{ك}$$

ومن المعادلة (٢) نجد أن

$$\frac{S}{S} = -\frac{1}{4} \cdot \frac{1 + E^2}{E + 1} \cdot \frac{3}{E^3 + 2(E + 1)} - \frac{S}{S}$$

وبالتكامل نصل إلى نفس الصورة السابق الحصول عليها في المعادلة (٧-ب) مع اختلاف بسيط في إشارات المقام (التكامل يتم بين الحدود S_1 ، S_2).

$$\therefore \text{لو } \frac{S}{S} = -\frac{1}{4} \cdot \frac{1 + E^2}{E + 1} \cdot \frac{3}{E^3 + 2(E + 1)} - \frac{S}{S} \quad (٨-١)$$

وبالتعويض عن قيمة $\frac{S}{S}$ في المعادلة (ب) نجد أن

$$\frac{S}{S} = -\frac{1}{4} \cdot \frac{1 + E^2}{E + 1} \cdot \frac{3}{E^3 + 2(E + 1)} + \frac{S}{S}$$

وبالتكامل بين الحدود S_1 ، S_2 نجد أن

$$\text{لو } \frac{S}{S} = -\frac{1}{4} \cdot \frac{1 + E^2}{E + 1} \cdot \frac{3}{E^3 + 2(E + 1)} + \frac{S}{S} \quad (٨-٢)$$

ومن معادلة ثبوت حجم المعدن ثم إجراء التكامل بين L_1 ، L_2 نجد أن

$$\text{لو } \frac{L}{L} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1 + E^2}{E + 1} \cdot \frac{3}{E^3 + 2(E + 1)} \quad (٨-٣)$$

بدراسة الجهود النهائية والإجهادات الماثلة لتخفيض من S صفر إلى S_1 نجد أن السحب يعطى

$$\text{لو } \frac{S}{S} = -\frac{1}{4} \cdot \frac{1 + E^2}{E + 1} \cdot \frac{3}{E^3 + 2(E + 1)} - \frac{S}{S}$$

ومن الواضح أن E صفر = S_1 لتخفيض نسبي $\frac{S}{S}$

وبناء عليه يمكن القول بأن إجهاد السحب عند نصف قطر S_1 يشابه في قيمته إجهاد الضغط عند نصف قطر S_2 .

وبنفس الطريقة يمكن القول بأن الجهد الطولي في عملية الضغط يشابه جهد زيادة السمك في عملية السحب والعكس صحيح.

في السحب :

$$\text{لو} \frac{\text{ل}^1}{\text{ل}^2 \text{ صفر}} = \frac{1}{\text{لو}} - \frac{1}{\text{لو}} (\text{لو} + \text{لو} - 1)$$

وفي الضغط :

$$\text{لو} \frac{\text{ل}^1 \text{ صفر}}{\text{ل}^2} = \frac{1}{\text{لو}} (\text{لو} + \text{لو} + 1)$$

بتحليل القوى المؤثرة على نصف الحلقة أفقياً يمكن الوصول إلى أن :

$$\text{ض} \cdot \text{ل} = \text{ت} \cdot \text{لو} \cdot \text{حا} + (\text{لو} \cdot \text{طا} - 1) \cdot \text{حا} + \frac{\text{س}}{\text{لو}} \cdot \text{حا}$$

$$(9) \text{ (ض} \cdot \text{ل} \cdot \text{لو} \cdot \text{حا} \text{) } \frac{\text{س}}{\text{لو}}$$

وبالتحليل رأسياً للحلقة كلها يمكن الوصول إلى أن :

$$(10) \text{ (ض} \cdot \text{ل} \cdot \text{لو} \cdot \text{قا} + 1) \cdot \frac{\text{س}}{\text{لو}} = \text{لو} \cdot \text{حا} + \text{لو} \cdot \text{طا} + 1$$

وإذا كانت زاوية الأسطوانة ثابتة ، بحذف ض من بين المعادلتين (9) ، (10) يمكن الوصول إلى أن .

$$(11) \text{ (ض} \cdot \text{ل} \cdot \text{لو} \cdot \text{قا} + 1) \cdot \frac{\text{س}}{\text{لو}} = \text{لو} \cdot \text{حا} + \text{لو} \cdot \text{طا} + 1$$

وبقاء حجم المعدن ثابتاً يستلزم :

$$\frac{\text{لو}}{\text{لو}} + \frac{\text{لو}}{\text{لو}} + \frac{\text{لو}}{\text{لو}} = \frac{\text{لو}}{\text{لو}} + \frac{\text{لو}}{\text{لو}} + \frac{\text{لو}}{\text{لو}}$$

كما أن علاقة الجهد بالإجهاد بالانسياب اللدن لا تتغير بالاحتكاك

$$\text{للسحب : } \text{ت} = \text{ض} \cdot \text{ل} \cdot \text{لو} \cdot \text{حا}$$

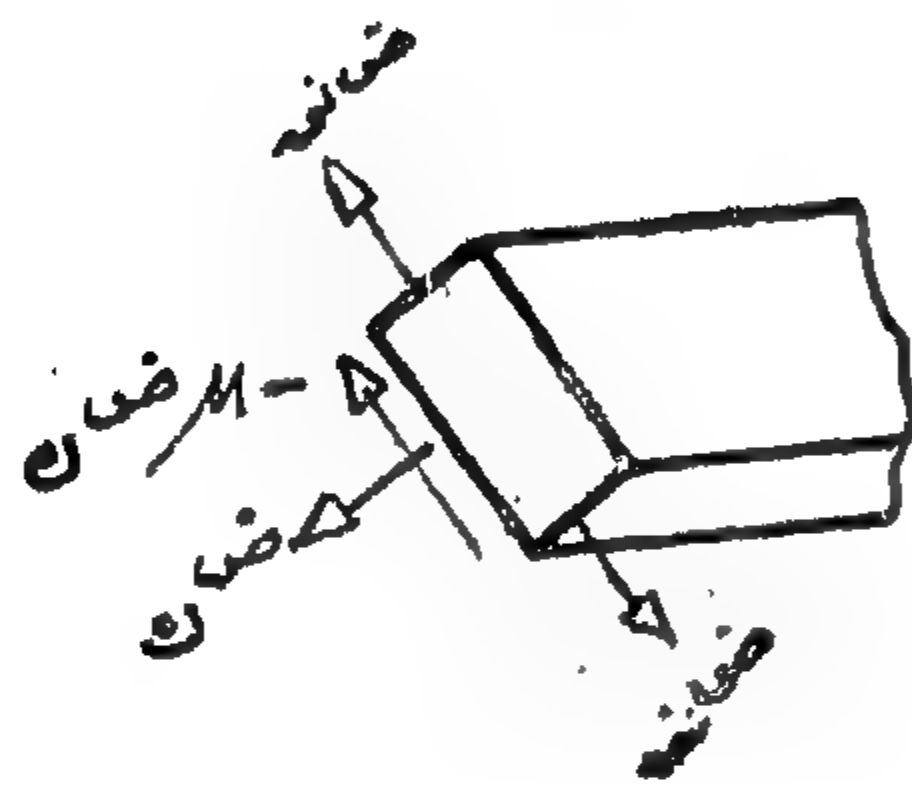
$$\text{وللضغط : } \text{ت} = \text{ض} \cdot \text{ل} \cdot \text{لو} \cdot \text{قا}$$

حيث ت هي قيمة إجهاد انسياب المعدن عند أي نصف قطر لو ، والتي تتوقف قيمتها على إجهاد الانسياب الأول ت^0 ، وعلى مقدار الزيادة في درجة الصلادة أثناء سحب المعدن من نصف قطر لو^0 إلى نصف قطر لو

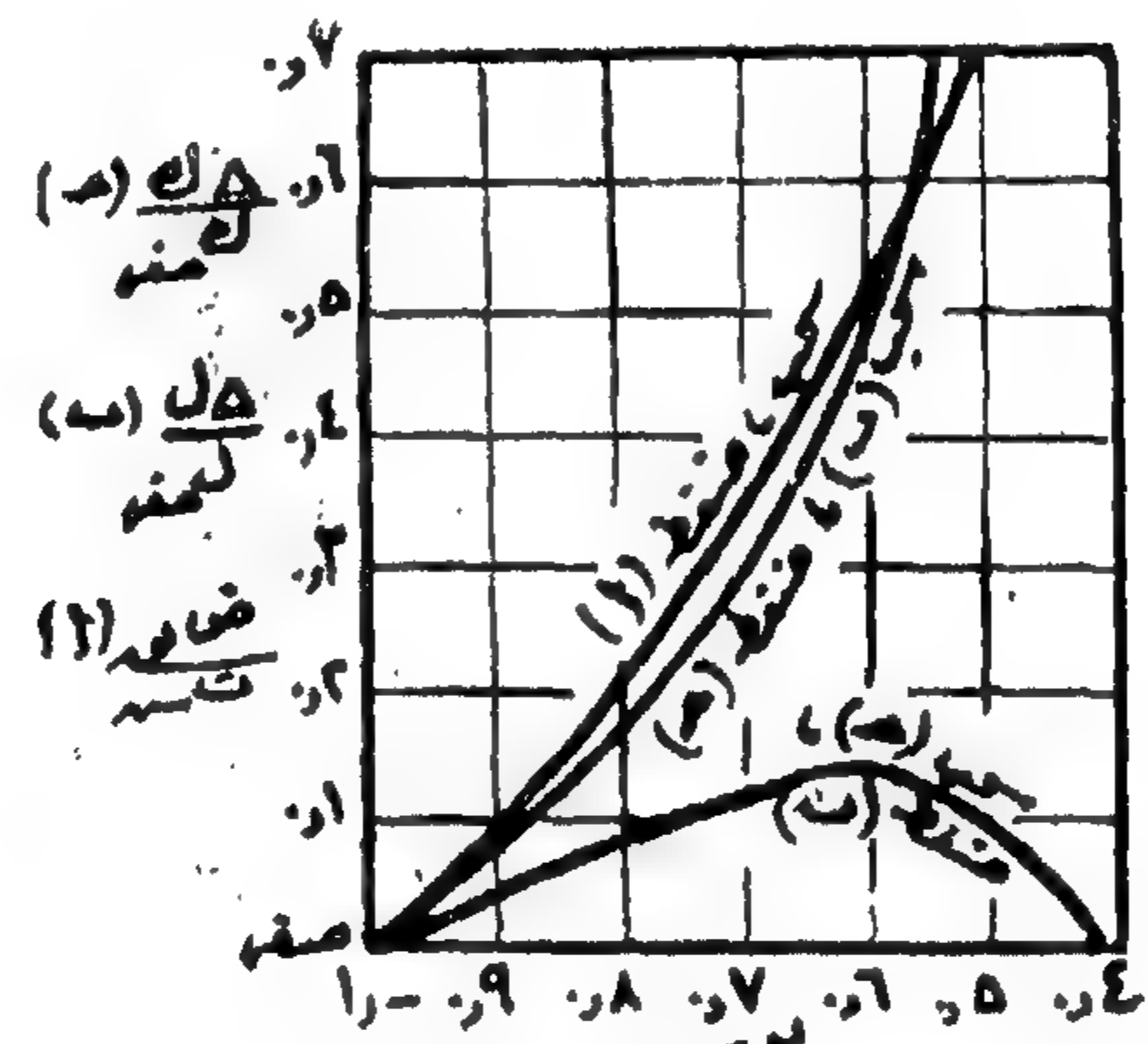
وفى عملية السحب ، يدخل المعدن الاسطوانية بإجهاد انسياب T_s صفر ، وإجهاد نصف قطرى σ_s = صفر .
وفى أثناء السحب تزايد قيمة σ_s بصفة مستمرة ، ومع إهمال الزيادة فى الصلادة والاحتكاك نجد أن قيمتها تتناسب ولوغاريتم الجهد الرئيسى .

$$\text{أى أن } \sigma_s = T_s \text{ صفر} \cdot \log \frac{\sigma_s \text{ صفر}}{\sigma_s}$$

وبفرض أن الصلادة تزيد زيادة منتظمة بالنسبة لهذا الجهد فإنه يمكن كتابة المعادلة .



شكل (٥)



شكل (٤)

تجارب انسياب والضغط
يفرض عدم حدوث امتلاك
أو زيادة صلادة

$$T_s = T_s \text{ صفر} + \sigma_s$$

حيث تمثل σ_s معدل جسم الصلادة وبالمثل ، فى حالة ضغط المواسير ، يبدو من المناسب وضع العلاقة السابقة على الصورة :

$$T_s = T_s \text{ صفر} + (\sigma_s - \sigma_s \text{ صفر})$$

حيث σ_s هى القيمة عند مدخل الاسطوانية

مختص الموضوعات
بالتقسيم الانجليزي

حلقة ديناميكا حرارية مقترحة لاستغلال الحرارة الشمسية للكنترول الهندس مساهمة

لدرجات الحرارة والضغط المتغيرة ويناقش كمثل على ذلك
حالة تسخين الهواء بواسطة المسخنات الشمسية من 80°
مشوية - 120° مشوية ودرجة تبريد - 25° مشوية .

وإني بنشر هذا البحث أرجو أن أكون قد وفقت
إلى فتح مجال تطبيق جديد يمكن أن يستغله مهندسو القوى
في جمهوريتنا والبلاد العربية الشقيقة التي حباها الله عز وجل
بأيام شمسية صاطعة طوال العام تقريباً .

يقترح هذا البحث حلقة ديناميكا حرارية ومحطة القوى
اللازمة لها للاستفادة من الطاقة الشمسية في المناطق الحارة
ويستغل درجات الحرارة المنخفضة اللازمة للتبريد وتكييف
الهواء الضروريين في هذه المناطق لتحسين الكفاءة
« النظرية » و « الشمسية » لحلقة الحرارة .

وعلى ذلك فيستنتج البحث القانون العام لكفاءة الحلقة .

السمة المتأخرى لمجموعات القنوات التليفونية في نظم الموجة الحاملة للدكتور المهندس فؤاد سوريال عطية

حين تجمع ثلاثة مجموعات معاً في كل مرحلة وهذا يعني وفراً كبيراً ، ووجد أنه كلما ابتعد عدد المجموعات المجموعة في مرحلة واحدة عن ثلاث كلمات زاد عدد الأنواع وعدد المولدات. وبمقارنة بعض التجميعات المستعملة حالياً وجد أن في بعضها إشراف ليس له مبرر كاف .

أما عن عدد الأجهزة ناقلة التردد نفسها فقد وجد أنه يقل تدريجياً كلما زاد عدد المجموعات التي تجمع معاً في مرحلة واحدة ، كما أنه يتوقف على ترتيب المراحل .

ويرى المؤلف بعد استعراض العوامل المختلفة أن التجميع الأمثل هو لثلاثة أو أربعة مجموعات في كل مرحلة . والواقع الآن هو أن التجميع في أغلبية المراحل هو لثلاثة أو أربعة أو خمسة مجموعات . ويرى المؤلف أن التجميعات التي تختلف كثيراً عن هذا لا بد ستزول تدريجياً كما أنه يعتقد أنه بعد بضعة أعوام ستوجد مجموعة بها ٨١٠٠ قناة بحزمة ترددية عرضها أقل من ٤٠ ميجاسيكل في الثانية ولكنه لا يعتقد أنه ستوجد مستقبلاً مجموعات أكبر من هذا وذلك لأي نوع من نظم التراسل سواء على الخطوط المحورية أو الوصلات اللاسلكية أو دليل الموجات . ويعتقد أنه لإرسال عدد أكبر من القنوات التليفونية مستعمل قنوات تردد عال متعددة كل منها يحمل بما لا يزيد عن ٨١٠٠ قناة تليفونية .

يجرى تجميع القنوات التليفونية في نظم الموجة الحاملة في مراحل متتالية وليس في مرحلة واحدة :

(١) لإنقاص عدد أنواع الأجهزة ناقلة التردد وجعلها أجهزة عادية مشتركة في جميع نظم الموجة الحاملة وأيضاً مسنوى لإنقاص عدد مولدات الموجة الحاملة .

(٢) لتسهيل الوصل بين أى نظامين للموجة الحاملة ولو اختلفنا في المجموعة النهائية ، ويكون هذا الوصل على أى من المجموعات الانتقالية .

(٣) لتسهيل مهمة المرشحات الترددية .

ومن مجموعات القنوات مجموعات انتقالية ومجموعات نهائية للتراسل . ويتفق دولياً عن طريق اللجنة الاستشارية الدولية للتليفونات والتلغرافات على تحديد الحزمة الترددية والوضع ومستوى القدرة وغير هذا للمجموعات الانتقالية أما المجموعات النهائية فتتوقف في حزمها ومستوى القدرة وغير هذا على وسيلة التراسل وهذه حالياً إما بالخطوط الهوائية أو الكابلات المثالة أو الكابلات المحورية أو الوصلات اللاسلكية .

وقد حسب في هذا البحث مدى توقف عدد أنواع الأجهزة الناقلة للتردد وعدد مولدات الموجة الحاملة وذلك على عدد المجموعات التي تجمع معاً في مرحلة واحدة ، ووجد أن عدد الأنواع وعدد المولدات يكونان أقل ما يمكن

التصميمات المرافقة لبعض الكبارى البسيطة للطرق من الخرسانة المسلحة والسابقة الاجهاد

للدكتور المهندس امير احمد زوى

في حلها اتباع مشاريع المواصفات الأخيرة المذكورة سابقاً وكذلك روعى في حل كل نموذج منها أن يتوسع في شرح جزء من الحساب الاستاتيكي أو جزء من التصميم يختلف عن النموذج الآخر ومن المفروض أن يكون المهندس المصمم ملماً بطبيعة الحال بأصول الحساب الاستاتيكي وكذلك أصول ونظريات التصميم لكل الخرسانة المسلحة والسابقة الإجهاد. إذ أن الأمثلة المحولة لم تتعرض للنظريات نفسها ولكن تعرضت لتطبيقها. ويمكن للمهندس الرجوع إلى أى من الكتب العديدة لاستيعاب الأجزاء النظرية.

فالنموذج الأول :

لكوبرى ذو كمرات بسيطة من الخرسانة المسلحة بحره الفعال ٧٠٠ متر وفيه تصميم للقطاع العرضى والكمرات.

والنموذج الثانى

لكوبرى من الخرسانة المسلحة أيضاً كمراته ذات كابولين وثقل توازن وله نفس القطاع العرضى للنموذج السابق وفيه تصميم الكمرات.

والنموذج الثالث :

لكوبرى من الخرسانة سابقة الإجهاد واللاحقة الشد وله نفس القطاع العرضى السابق وفيه تصميم الكمرات. ويمكن اعتبار هذه الأمثلة المحولة كمرشد ومرجع للمهندس المصمم.

في المعتاد يختار المهندس المصمم للكبارى وخصوصاً المتصلة بمشروعات الري نظم وطرز الكبارى من الأنواع والطرز التقليدية التى اعتاد عليها والغرض من بحثنا هذا هو توسيع مجال اختيار أمام المهندس المصمم وذلك بتقديم مجموعة متنوعة من النظم والطرز للكبارى البسيطة مع بيان المدى الاقتصادى لاستعمال كل نوع منها.

وأنتنا مع القفزات الواسعة فى استعمال الخرسانة المسلحة وبعد التطورات الحديثة فى استعمال الخرسانة سابقة الإجهاد قد قصرنا البحث على الكبارى من الخرسانة المسلحة والسابقة الإجهاد وخصوصاً بعد صدور مشاريع المواصفات والقواعد التطبيقية الخاصة بالأحمال على المنشآت أو باستعمال الخرسانة المسلحة فى المباني وباستعمال الخرسانة سابقة الإجهاد والمنشورة فى التقرير السنوى لسنة ١٩٦٠ لمعهد أبحاث البناء.

ويحتوى البحث على استعراض لبعض طرز وأنواع الكبارى البسيطة متدرجاً من الكبارى ذات الكمرات البسيطة إلى الكبارى ذات الكمرات الكابولية المفصلية أو الكمرات المستمرة ثم إلى الكبارى التى على شكل كمرات ذات كابولين والتى تعتمد فى ثباتها وإتزانها على وجود ثقل توازن أو شداد توازن متصل بالكنتف سواء أكان الشداد من الخرسانة المسلحة أو من الخرسانة سابقة الإجهاد. ثم يستطرد العرض إلى الكبارى من الخرسانة سابقة الإجهاد سواء أكانت سابقة الشد أو لاحقة وسواء أكانت سابقة الصب أم لاحقة.

وقد قدم البحث كذلك بعض النماذج المحولة وقد روعى

تقدير صفات السحب العميق للشرائح المعدنية

للدكتور المهندس جهاد شوقي

الأساسية والجهود والانفعالات الناشئة عنها ، وتحديد العوامل المختلفة التي تؤثر على نتائج الاختبارات ، كما يتعرض لمداول كل اختبار وإمكانياته وحدوده ومجال تطبيقه ، كذا للعلاقات المتبادلة بين الاختبارات حيثما توجد .

ويختص البحث إلى أنه بالنسبة للطرق التي يتعرض لها بالدراسة ، لا يوجد حتى الآن اختبار واحد يمكن اعتباره كافياً ومرضياً من كل وجه كوسيلة يعتمد عليها في معرفة ما سيكون عليه أداء الشريحة المعدنية عند تشكيلها في المكبس .

وتقدم في هذا العدد الجزء الأول من هذا البحث ، ويختص بمجموعتي اختبارات التشكيل بالبسط واختبارات سحب السفين .

يتناول هذا البحث بالدراسة والفحص والتحليل طرق تقدير صفات السحب العميق للشرائح المعدنية ، تلك الطرق التي ظهرت و طورت خلال الخمسين عاماً الماضية ، وإنه نظراً لتعدد هذه الطرق وتنوعها فقد قسمت في هذا البحث — تبعاً لطبيعتها — إلى خمس مجموعات هي :

- ١ — اختبارات التشكيل بالبسط .
- ٢ — اختبارات سحب السفين .
- ٣ — اختبارات السحب العميق .
- ٤ — الاختبارات المركبة .
- ٥ — تقدير صفات السحب العميق عن طريق الخواص الميكانيكية للمعدن .

ويتضمن البحث بيان طبيعة هذه الاختبارات ومماتها

مستقات عضوية للسيليكون لهلوريد البنزيل

للدكتور المهندس حسين شريف شرف

٢ — تفاعل بارا — كلورو بنزيل الكلوريد مع ثنائي ميثيل ثنائي كلورو سيلان :

أجريت نفس المحاولة السابقة باستعمال ثنائي ميثيل ثنائي كلورو سيلان بدلا من ثلاثي ميثيل كلورو سيلان وقد تبين في هذه الحالة أيضاً أن ذرة الكلور في الحلقة الجانبية هي التي تفاعلت فقط مع المغنسيوم وتنتج عن ذلك التفاعل :

ثنائي ميثيل — بارا — كلورو بنزيل كلورو سيلان
ومثنى — بارا — كلورو بنزيل ثنائي ميثيل سيلان .

١ — تفاعل بارا — كلورو بنزيل الكلوريد مع ثلاثي ميثيل كلورو سيلان :

عومل ثلاثي ميثيل كلورو سيلان بمحلول جرينارد الناتج من تفاعل بارا — كلورو بنزيل الكلوريد مع المغنسيوم . وقد تبين أنه باستعمال ثنائي إيثيل الأثير كذيب أن ذرة الكلور الموجودة في الحلقة الجانبية تفاعلت مع المغنسيوم بينما لم تتفاعل ذرة الكلور الموجودة في الوضع البارا .

وقد نتج عن تقطير نواتج التفاعل سائل ومادة صلبة غير متبلرة أمكن التعرف عليهما بالمادتين الآتيتين :
بارا — كلورو ثنائي البنزيل وثلاثي ميثيل — بارا — كلورو بنزيل سيلان .

جولة دراسية على الحديد والصلب

في بعض لدول الأوربية

بدر كسور المهندس ممدوح بيومي

الدول التي زارتها المجموعة وملاحظات عن الطرق المتبعة في الإنتاج . ومن أهم نتائج هذه الدراسة ما يلي :

أولاً : هناك عناية فائقة لتجهيز وتلييد الخام قبل استخدامه لإنتاج الحديد تمثل العامل الأساسي لتحسين اقتصاديات إنتاج الحديد .

ثانياً : كان للتطورات الحديثة في تشغيل الأفران العالية، من زيادة ضغط القمعة واستعمال درجات حرارة عالية لهواء اللفح والحقن بالأوكسجين والمواد البترولية أثر كبير في زيادة كفاءة الفرن الإنتاجية مما يجعل الفرن العالي بدون استثناء الوحدة الأساسية لإنتاج الحديد .

ثالثاً : هناك زيادة في استعمال الأكسجين لإنتاج الصلب كان له أكبر الأثر في زيادة الإنتاج وخفض التكاليف وخاصة بالنسبة لأفران سيمنزمارتن .

رابعاً . تقوم مراكز البحوث بدوراً أساسياً لتطوير صناعة الحديد والصلب .

قامت الأمم المتحدة في صيف عام ١٩٦٢ بتنظيم رحلة دراسية لمجموعة من المشتغلين بصناعة الحديد والصلب في الدول الآسيوية والإفريقية وأمريكا اللاتينية لزيارة ستة دول أوروبية وهي رومانيا وبلغاريا وتشيكوسلوفاكيا وبولندا والسويد والاتحاد السوفيتي بغرض عمل دراسات لطرق الإنتاج والتطورات في صناعة الحديد والصلب وتطبيق نتائج هذه الدراسات في حل المشاكل المحلية لهذه الصناعة . وقد تضمن برنامج هذه الرحلة دراسة الخطوات الأساسية في إنتاج الصلب وهي تحضير وتجهيز خام الحديد وطرق استخلاص الكوك من الفحمات الضعيفة وطرق إنتاج الحديد والصلب .

وقد قامت المجموعة في أثناء هذه الرحلة بزيارة أربع مناجم لحام الحديد واثني عشر وحدة لتحضير وتجهيز الخام وثمان عشرة وحدة لإنتاج الحديد والصلب وسبعة مراكز للبحوث الخاصة بهذه الصناعة .

ويتضمن التقرير بيانات عن صناعة الحديد والصلب في

استعمال براجح المواسير في التوزيع النسيط لياه الري

للكنور المهندس محمد غلوك مراد

ولذلك فإن التجارب قد أجريت على ماسورة من الحديد بطول ٥٠ مترًا وبقطر حوالى ٢٠ مترًا مزودة ببوابة في أمامها وأطلقت تصرفات مختلفة تحت فتح جزئى مختلف وتمت الحسابات الخاصة بالتصرف داخل المواسير لإيجاد فاقد الاحتكاك ويمكن حسابه لأى نوع من المواسير من المعادلات المعروفة ، وكذا فاقد خروج المياه وهذا يتوقف على إتساع قناة استقبال المياه وفاقد دخول المياه وهو معروف فى حالة الفتح الكامل أما فى حالة الفتح الجزئى فقد اهتم به هذا البحث وأوجدت قيمة بالنسبة لقطر البرنج الداخلى وقد بينت طريقة الحساب لتحديد فتحة البرنج لتصرف كمية من المياه تحت ضاغط معين . هذا ، وقد زودت ماسورة التجربة فى أسفلها بمجموعة من البيزومتريات لدراسة صفة توزيع ضغوط المياه بها وأثر الفتح الجزئى عليها .

يهم هذا البحث بمعايرة براجح المواسير وذلك عن طريق فتحها جزئياً بواسطة بوابة فى أمامها . وذلك لما لئله هذا النوع من البراجح أهمية خاصة فى الجمهورية العربية المتحدة إذ أنه من المألوف فى مناطق الاستصلاح أن تقسم الأرض إلى قطع صغيرة (أذرع) تختلف فى مساحتها من ٥ إلى ١٠ أفدنة ، وكل مجموعة من الأذرع لا تزيد فى مساحتها عن ١٠٠ فدان تقوم على خدمتها مسقى حوشة . ويعطى كل ذراع فتحة رى عبارة عن برنج ماسورة تحت جسر المسقى . وقد يزود هذا البرنج ببوابه أو يترك دونها ويقوم المزارع بفتح برنج التغذية أثناء دور العمالة ليأخذ من مياه الرى ما يشاء . وفى هذا غبن فى التوزيع إذ أن الأذرع المنخفضة قد تنال أكثر من حصتها وهذا على حساب القطع المرتفعة .



- [illegible]

تالیفون ۵۱۶۰۱

SYNOPSIS OF THE SUBJECTS PUBLISHED IN THE ARABIC SECTION

EXPERIMENTAL STUDIES ACHIEVED TO DETERMINE THE HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF ROTARY SPRINKLERS USED FOR IRRIGATION

by

ALY BALIGH, Ph.D.

Part I.

The non-uniformity of the depth of water applied on the land by "Sprinkler Irrigation Systems" affects water economy and field production. The excessive impulse force of the large size droplets may injure the flowers of orchard trees and other plants; this result may be due to the unsuitability of the operating pressure and nozzle size.

The non-uniformity of the water depth applied may be due to either one or more of the following items.

1. The increase of the speed of rotation of the sprinkler causing the decrease of the area covered and thus, a high rate of application and non-uniformity of the total water depth applied as the circles of coverage interfere.

2. The non-uniform speed of rotation of the sprinkler during one complete revolution. This may occur when the sprinkler is inclined to the vertical; sectorial distribution may be produced.

3. The non-uniform gradual decrease of depth of water applied by one sprinkler, in the radial direction.

4. The excessive deviation of the performance of the sprinkler due to operating pressure fluctuations at the nozzle.

5. Spacing the sprinklers at distances which do not suit the diameter of coverage.

6. The disturbance and deviation of the water jet projectile as subjected to the pre-

vailing wind. The higher the water jet projectile, the greater the degree of disturbance and deviation, causing the non-uniformity of application.

The factors affecting the speed of rotation was considered in three groups of experiments, for which the Egyptian sprinkler No. 23 was used. The experimental work was directed toward the following items.

1. The effect of varying the nozzle size on the speed of rotation.

The relationship between the increase of the speed of rotation due to increasing the nozzle diameter, for three different pressures, was graphically represented.

2. The effect of varying the operating pressure on the speed of rotation.

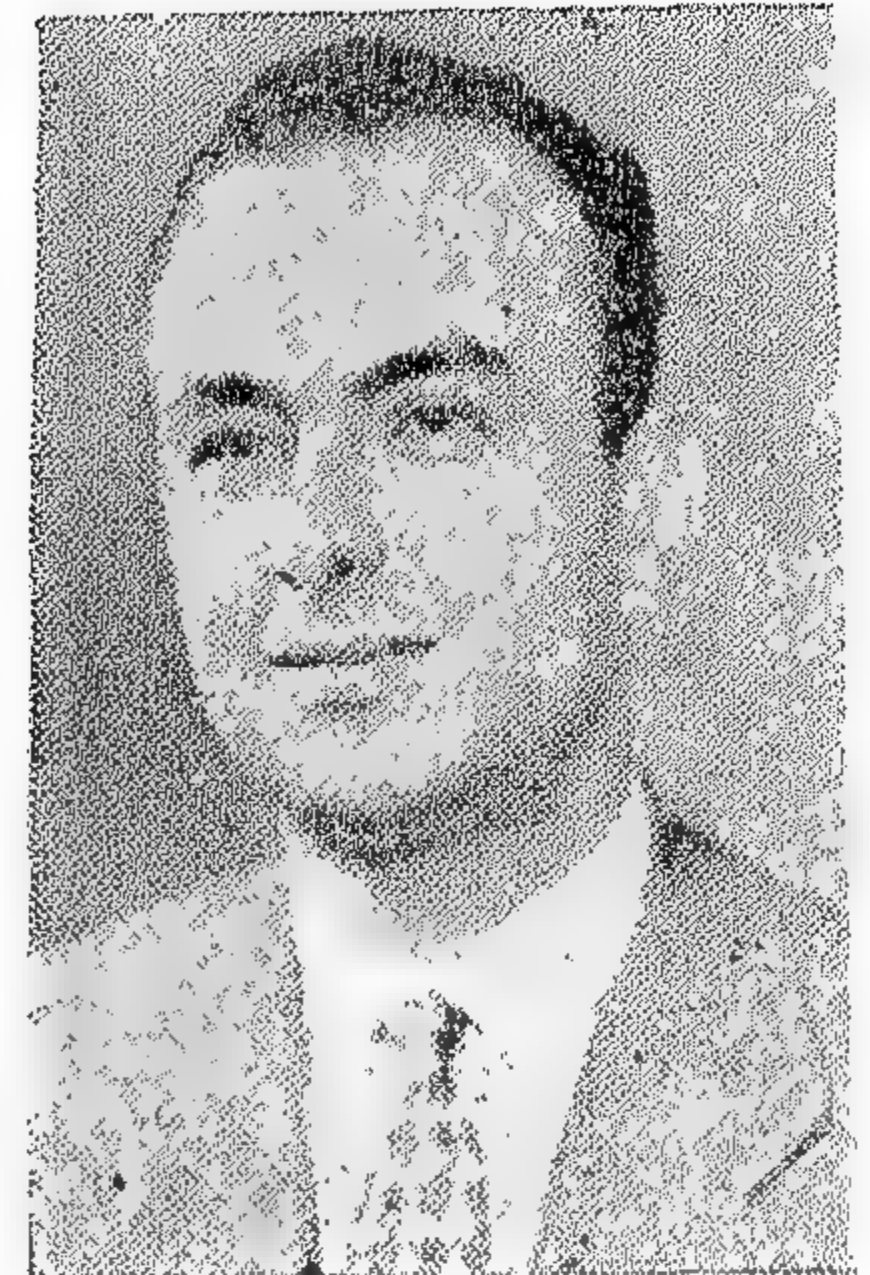
A graph representing that relationship was plotted; the higher the pressure, the speed of rotation.

3. The effect of varying the angle of inclination of the riser pipe to the vertical position on the speed of rotation.

The graphical representation of the results shows that the speed decreases as the angle of inclination increases. The decrease of the speed of rotation was rather appreciable as the angle of inclination increased beyond 20 degrees.

Dr. GALAL SHAWKI

- B. Eng. (Hons.), Cairo University, 1948.
- Ph.D. degree, The University of Sheffield, 1952.
- Associate Member of the Institution of Mechanical Engineers, London, 1958.
- Author of several papers and reference books in Machine Design, Applied Plasticity and History of Science.
- Assistant Professor, Production Engineering Department, Cairo University.



Dr. ALY MOHAMMED BALIGH

- B.Sc. Civil Engineering, June 1937, Cairo University.
- M.Sc. Hydraulics, September 1951, State University of Iowa.
- Ph.D. Civil Engineering, June 1953, Cornell University.



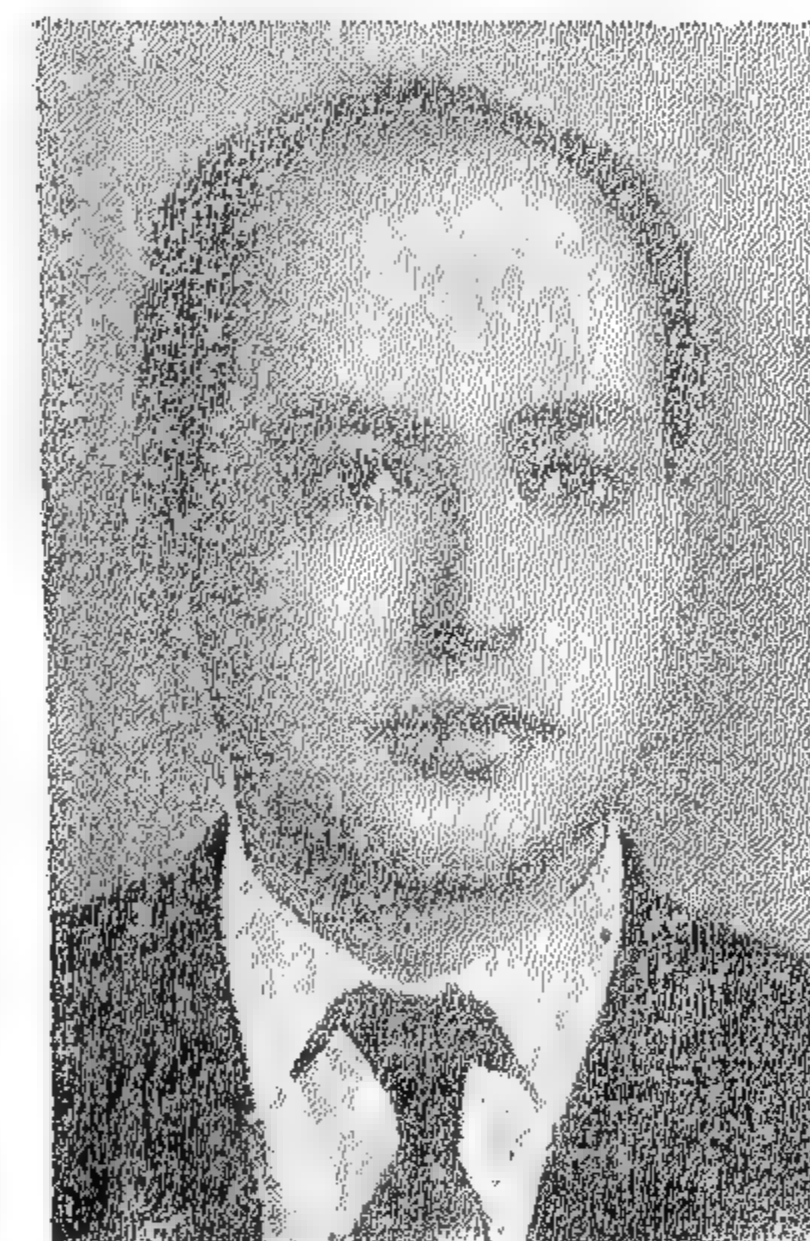
Dr. AMIR ASSAD RIZK.

- B.Sc. "Civil Engineering", Cairo University, 1950.
- M.Sc. "Reinforced Concrete", Cairo University, 1954.
- Diploma of Higher Studies in "Soil Mechanics and Foundation Engineering", Cairo University, 1954.
- Ph.D. "Reinforced Concrete"—Leeds University, England, 1957.
- Member of several International Eng. Societies and Conferences.



Dr. SALAH ELDEEN BAYOUMY

- B.Sc., Mechanical Engineering, Cairo University, 1947.
- Ph.D., College of Technology, Manchester University, 1951.
- Ass. Prof., Production Engineering Dept., Faculty of Engineering, Cairo University.



Dr. SAAD ZAGHLOUL ABO-HAMMAD

- Lecturer in Irrigation at the Irrigation and Hydraulic Department, Faculty of Engineering, Cairo University.
- B.Sc. Civil Engineering, Cairo University, 1947.
- M.Sc. Civil Engineering (Irrigation and Hydraulics); Cairo University, 1953.
- Ph.D., Civil Engineering (Irrigation and Hydraulics), Cairo University, 1956.



ABOUT THE AUTHORS

Prof. Dr. SALAH KHASHABA

- Prof. Khashaba received his B. Eng. (Electrical) Cairo 1934, M.A. (Math.) Cambridge 1943, Ph.D (Quantum Mech.) London 1956.
- He is the author and co-author of several books on pure and applied mathematics.
- His paper with prof. H. S. W. Massey (1958), on the excitation of atomic Hydrogen was included in a volume of selected papers published by the Physical Society of Japan in April 1963.



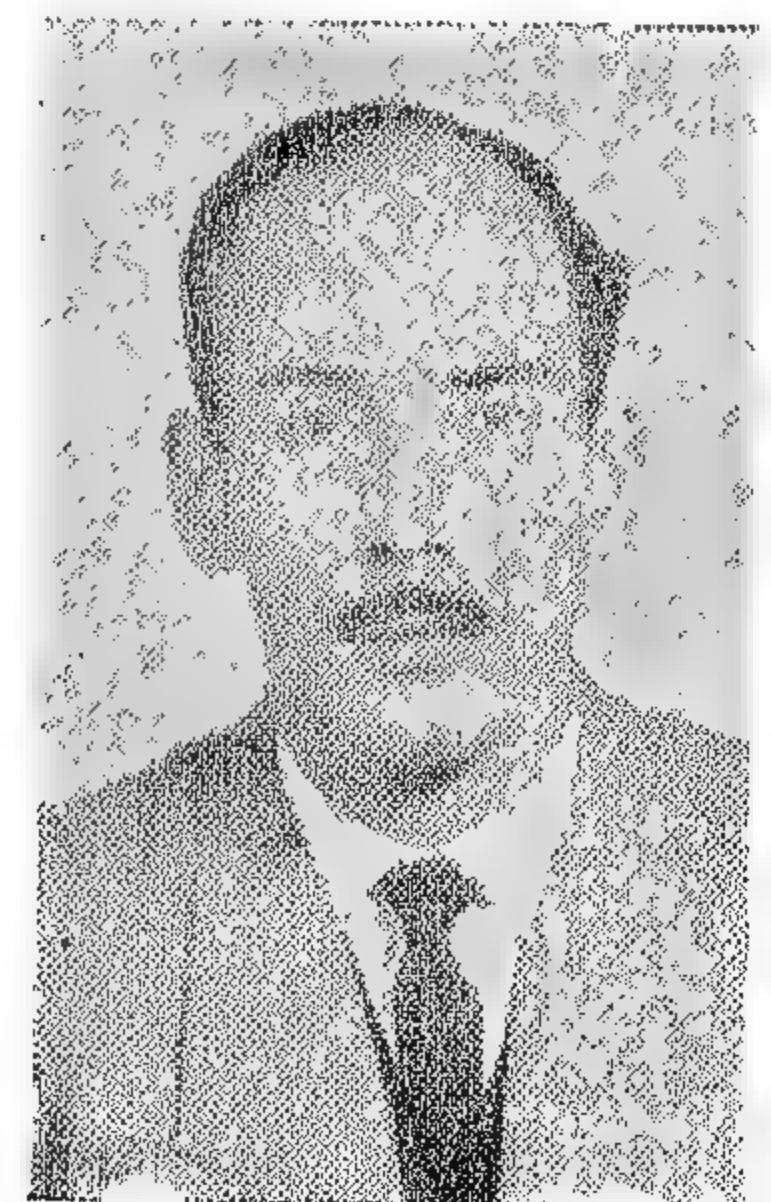
Dr. FUAD SURIAL ATIYA

- B.Sc. (Elect. Eng.), Cairo University, 1945.
- D.Sc. Techn., Swiss Federal Institute of Technology (Institute of High Frequency Techniques), Feb. 1951.
- Assistant Professor of Telecommunications, Faculty of Engineering, Cairo University.



Dr. HUSSEIN S. SHARAF

- Diploma of Chemical Engineering, July 1951 from : Federal School of Technology (ETH), Zurich, Switzerland.
- Doctorate in Technical Science in Chemistry, April 1954, Federal School of Technology (ETH), Zurich, Switzerland.
- Lecturer for Chemistry, May 1954, Faculty of Engineering Ein-Shams University.



- (25) Mellor, P. B. & Loxley, E. M.: "The Hydrostatic Bulging of Circular Metal Diaphragms", B.I.S.R.A. Research Report No. MW/E/36/52, 1952.
- (26) Panknin, W.: "Der hydraulische Tiefungsversuch und die Ermittlung von Fließkurven", Dr.-Ing. Dissertation, Technische Hochschule Stuttgart, 1959.
- (27) "Ein neues Prüfverfahren für Feinblech", Mitt. K. W. Inst. für Eisenforschung, 11 (1929), 136, pp. 287-291.
- (28) Siebel, E. & Pomp, A.: "Die Prüfung von Feinblechen durch den Tiefzieh-Weitungsversuch", Mitt. K. W. Inst. für Eisenforschung, 12 (1930), 151, pp. 115-125.
- (29) Güth, H.: "Ein neues Streckziehverfahren", Metallwirtschaft, 20 (1941), 3, pp. 55-58.
- (30) Patterson, W.: "Streckziehfähigkeit der Al-Mg-Legierungen", Metallwirtschaft, 21 (1942), 29/30, pp. 429-431.
- (31) Sachs, G.: "Ein neues Prüfgerät für Tiefziehbleche", Metallwirtschaft, 9 (1930), pp. 213-218.
- (32) Sachs, G. & Riem, W.: Mitt. Material., Sonderheft, 16 (1931), 11.
- (33) Eksergian, G. L.: "The Plastic Behaviour of Metals in Drawing", Trans. A.S.M.E., 48 (1926), pp. 609-645.
- (34) Eksergian, G. L.: Metal Ind., 30 (1927), pp. 405-408, 433-436, 459-462 & 483-484.
- (35) Eksergian, G. L.: Metal and Alloys, 2 (1931), p. 222.
- (36) Eisenkolb, F.: "Untersuchung über die Prüfung der Tiefziehfähigkeit von Feinblechen", Stahl und Eisen, 52 (1932), 15, pp. 357-364.
- (37) Kayseler, H.: "Ueber die Eigenschaften von verschieden behandelten Bandstahl mit besonderer Berücksichtigung der Tiefzieheignung und deren Prüfung", Mitt. Forsch. Inst. Ver. Stahlwerke, 4 (1934), pp. 39-42.
- (38) Kayseler, H., Lassek, H., Püngel, W. & Schulz, E. H.: Stahl und Eisen, 54 (1934), 39, pp. 993-998.
- (39) Siebel, E.: "Die Formgebung im bildsamen Zustande", Verlag Stahleisen, Düsseldorf (1932), pp. 61-62.
- (40) Swift, H. W.: "Plastic Bending under Tension", Engineering, 166 (1948), p. 357.

REFERENCES

- (1) Swift, H. W.: "Drawing Tests for Sheet Metal", Proc. Inst. Automobile Eng., 34 (1939-40), p. 361.
- (2) Swift, H. W.: "Two-Stage Drawing of Cylindrical Cups", Trans. Inst. Eng. and Shipbuilders in Scotland, 86 (1942-43), p. 195.
- (3) Chung, S. Y. & Swift, H. W.: "Cup-Drawing from a Flat Blank", Proc. Inst. Mech. Engrs., 165 (1951), pp. 199-223.
- (4) Chung, S. Y. & Swift, H. W.: "An Experimental Investigation into the Redrawing of Cylindrical Shells", Proc. Inst. Mech. Engrs., 166 (1952), pp. 437-447.
- (5) Swift, H. W.: "The Mechanism of a simple Drawing Operation", Engineering, 178 (1954), pp. 431-435.
- (6) Loxley, E. M. & Swift, H. W.: "The Wedge-Drawing Test", Engineering, 159 (1945) pp. 38-40, pp. 77-80 and pp. 136-138.
- (7) Swift, H. W.: "Sheet Metal Industries", 31 (1954), 330, pp. 817-828.
- (8) Willis, J.: "Deep Drawing: A Review of the Practical Aspects of Professor H. W. Swift's Researches", Butterworths Scientific Publications, London, 1954.
- (9) JEVONS, J. D.: "The Deep Drawing and Pressing of Non-Ferrous Metals and Alloys", Journal Inst. Metals, 78 (1950-51), pp. 591-601.
- (10) Sachs, G.: "Principles and Methods of Sheet-Metal Fabricating", Reinhold Publishing Corporation (1951), pp. 26-39.
- (11) Oehler, G.: "Prüfung der Tiefziehfähigkeit von Blechen", V D I — Zeitschrift (1950), pp. 371-374.
- (12) Oehler, G.: "Das Blech und seine Prüfung", Springer Verlag, Berlin, 1953.
- (13) de Witte, G.: "The Need for Specific Metal Testing Methods for Deep Drawing and Forming", Sheet Metal Industries, vol. 35 (1958), pp. 19-20.
- (14) Yoshida, K.: "Classification and Systematization of Sheet Metal Press-Forming Process", Sci. Pap. I.P.C.R., Tokyo, 53 (1959), 1514, pp. 126-187.
- (15) de Witte, G.: "Some Aspects of the Development of Testing Methods for the Formability of Sheet", Sheet Metal Industries, 37 (1960), 400, pp. 565-571.
- (16) Panknin, W.: "Die Grundlagen des Tiefziehens im Anschlag unter besonderer Berücksichtigung der Tiefziehprüfung", Bänder Bleche Röhre, Düsseldorf (1961), pp. 133-143, 201-211.
- (17) Oehler, G.: "Schnitt—, Stanz— und Ziehwerkzeuge", Springer Verlag, Berlin (1962), pp. 394-398.
- (18) Erichsen, A. M.: "Ein neues Prüfverfahren für Feinblech", Stahl und Eisen, 34 (1914), pp. 879-882.
- (19) Kummer, H.: "Untersuchung am Blechprüfapparat von Erichsen", Maschinenbau und Betrieb, 5 (1926), pp. 657-661.
- (20) Yoshizaka, T.: Trans. Jap. Soc. Mech. Eng., 23 (1957), p. 225.
- (21) Kokkonen, V. & Nygren, G.: "Investigations into the Accuracy of the Erichsen Cupping Test", Sheet Metal Industries, 36 (1959), 383, pp. 167-178.
- (22) D I N 50 101: "Tiefungsversuch an Blechen und Bändern (nach Erichsen)", 1947.
- (23) D I N 1623: "Stahlblech unter 3 mm (Feinblech): Technische Lieferbedingungen", 1932.
- (24) Siebel, E. & Pomp, A.: "Ueber den Kraftverlauf beim Tiefziehen und bei der Tiefungsprüfung", Mitt. K. W. Inst. für Eisenforschung, 11 (1929), 126, pp. 139-153.

tallow as lubricant was about 1.8 against a value of 2.3 as obtained in cup drawing experiments.

It should be pointed out that the drawing ratio attained in the wedge test would have been expected to be higher than that reached in the cupping test owing to the absence, in the former test, of the bending action and friction at the die profile.

Test results show, however, an inverse situation, the discrepancy being largely attributed to frictional influence inherent in the wedge drawing test in which edge friction between the wedge and die plates gives rise to an additional drawing load which does not exist in actual deep drawing work.

Fig. (8) shows load-displacement curves obtained at a drawing ratio R_0/R_1 of 1.66

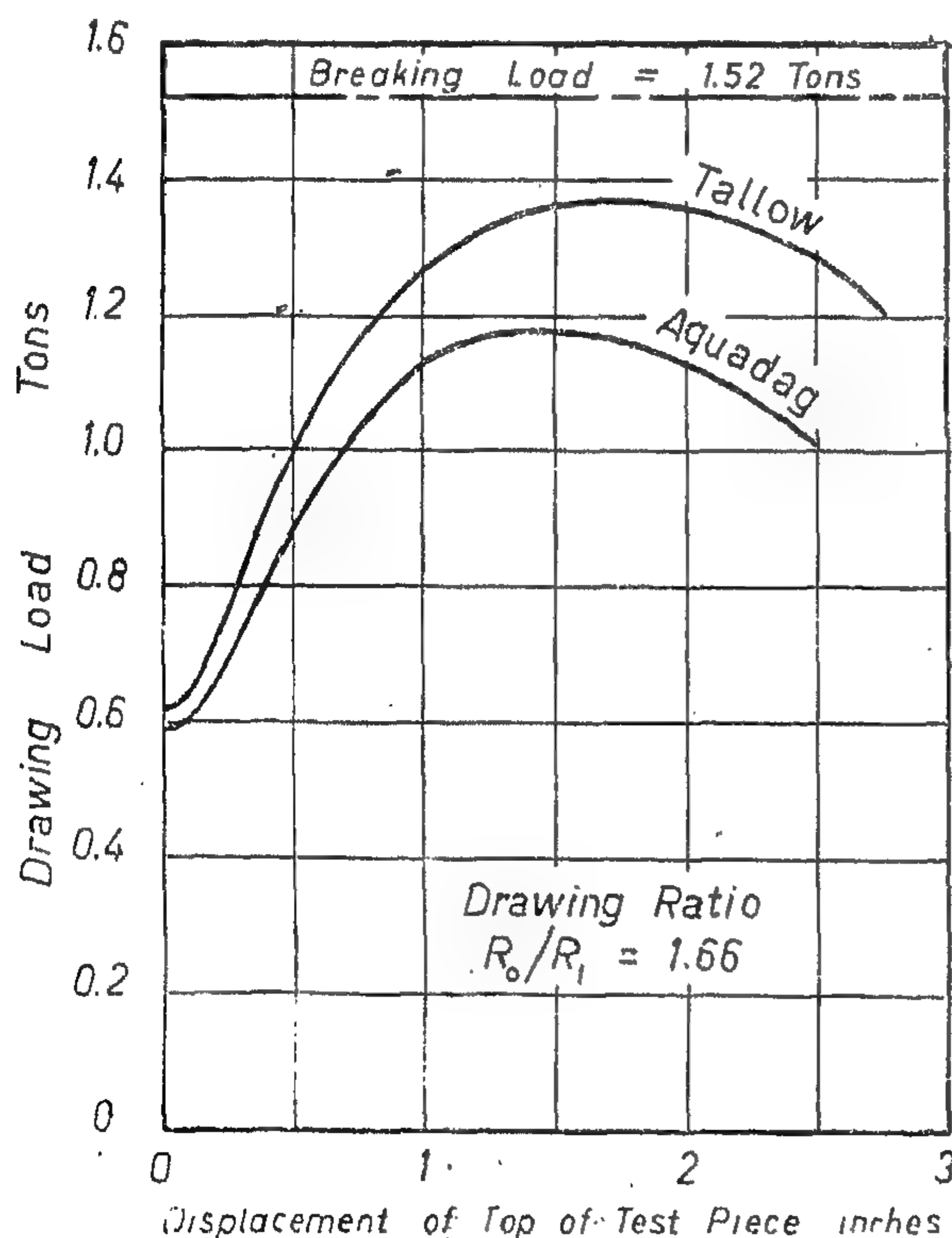


FIG. 8

FIG. (8). Typical load-displacement curves in Swift's wedge drawing tests.

Measurements concerning the develop-

using tallow and "Aquadag" as lubricants. It is evident that the maximum load and consequently the limiting drawing ratio in the wedge test are greatly influenced by conditions of lubrication.

Measurements concerning the development of radial strains and of hardness have shown that "radial strain develops more rapidly near the edges of the wedge than along its centre line (Fig. 9), particularly during the final stages of the draw" on account of frictional effects.

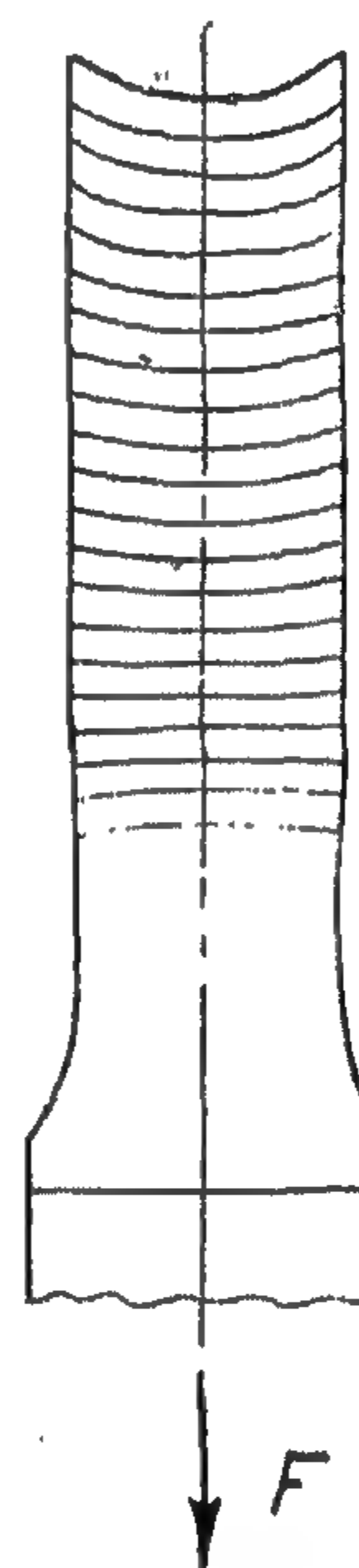


FIG. (9). Strain pattern in a wedge-drawn specimen lubricated with tallow.

It may be concluded that the wedge drawing test, while simulating the stress state in the flange of a partly drawn cup, is largely handicapped by frictional difficulties mainly at the edges of the die. Moreover, this test does not entail any effect equivalent to the bending and unbending operations encountered by the material while passing over the die profile in deep drawing work, which effect is known to play a significant role in the drawing operation [40]. Furthermore, for anisotropic materials, a number of test pieces have to be cut from the sheet in various orientations should a complete picture of the material's behaviour, on account of its directional properties, be sought.

[33-35] who dropped it on account of its inherent frictional effects.

The problem of the inequality of deformation at the edge and centre of test piece was put forward by Eisenkolb [36] and investigated by Kayseler and his colleagues [37, 38]. Kayseler found out [37], through a grid marked on the specimen, that the deformation at the edge was greater than that at the centre, the difference being less than 5%. By modifying the specimen's dimensions he succeeded in obtaining a test piece which deformed uniformly over a wide range in the test.

Kayseler [37] has investigated, further, the stresses induced at the transition from the wedge to the paralalled portion of the test piece following Siebel's analysis for the radial drawing of the cup flange [39]. He arrived at the following equations:

$$\text{Radial stress } \sigma_r = k_{fm} \cdot \ln \left(\frac{B}{b} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Ideal drawing force} = b \cdot t \cdot k_{fm} \cdot \ln \left(\frac{B}{b} \right) \dots (3)$$

$$\text{and Actual drawing force} = \frac{b \cdot t \cdot k_{fm} \cdot \ln \left(\frac{B}{b} \right)}{\eta_F} \quad (4)$$

in which k_{fm} represents the mean value of the resistance to deformation (flow stress), t the sheet thickness, and η_F the efficiency of forming (taken equal to 65% in Kayseler's analysis).

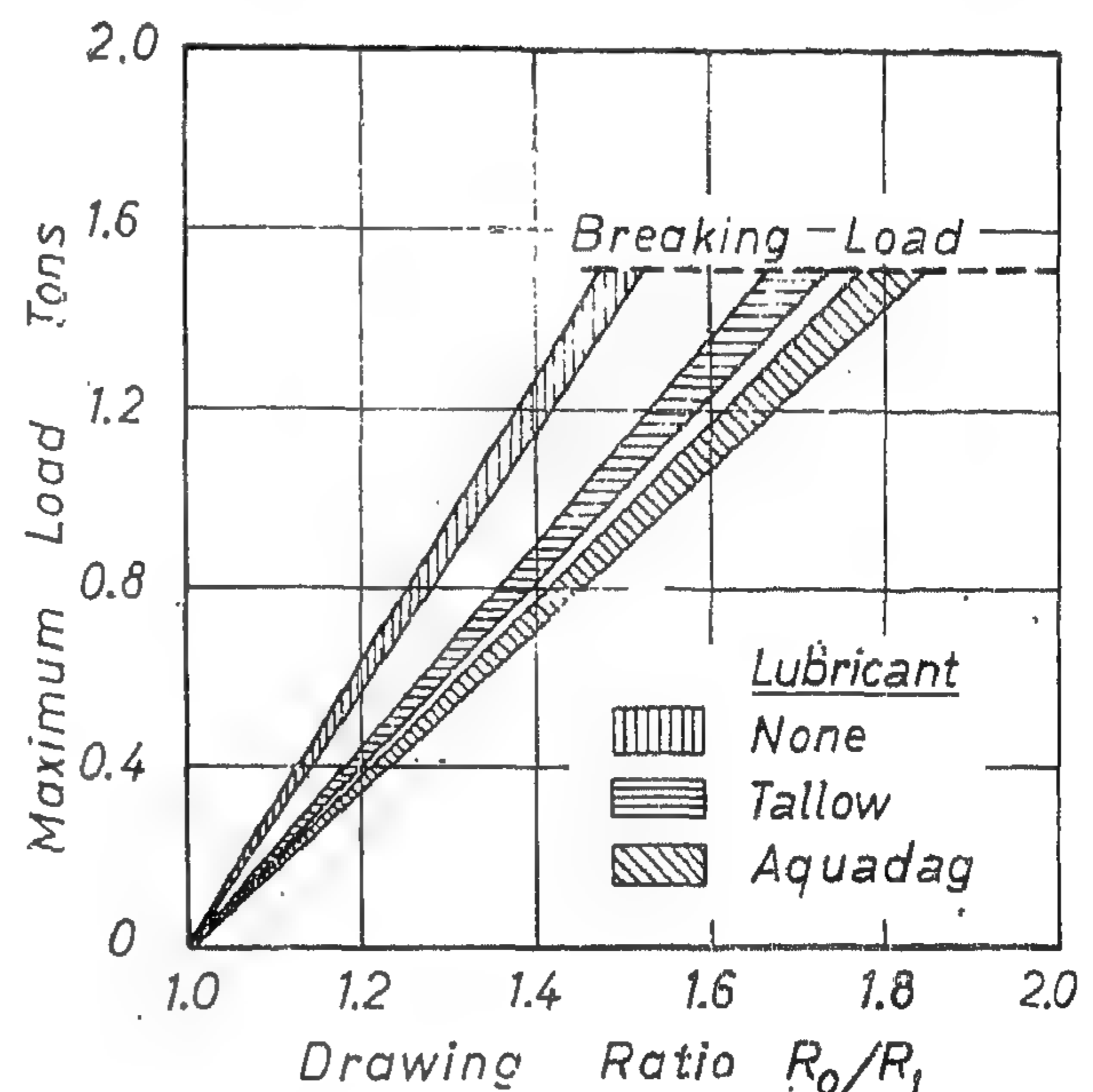
(7) Swift's Investigations:

The wedge drawing test received considerable attention from Prof. H. W. Swift, who carried out extensive investigations into the conditions, significance and applicability of such test [6].

Swift used tools with exceptionally fine finish, and standardized the shape of test

pieces to that shown in Fig. (6), his test piece having a width amounting to approximately five times that of Sachs test piece. Swift performed his tests under conditions of no lubrication, also with the application of tallow and of "Aquadag" which he found essential for obtaining consistent results.

Swift established a generally linear relationship between the maximum drawing load and the drawing ratio R_0/R_1 (Fig. 7), the scatter of test results being partly due to surface condition of tested material.



(Speed of drawing = 1.34 inch/min.)

FIG. (7). Swift's wedge drawing test results for deep drawing steel. (Speed of drawing = 1.34 inch/min.)

Maximum values of the limiting drawing ratio obtained in these investigations (corresponding to the mean lines in Fig. 7) were 1.50 with no lubrication, 1.70 with tallow and 1.81 with "Aquadag" for deep-drawing steel (0.07% C, 0.37% Mn, 0.025% S, 0.012% P & Si as trace). The values of the drawing ratio are evidently lower than those obtained in deep drawing tests, namely 2.08, 2.15 and 2.18 respectively. For aluminium bronze (94.8% Cu, 4.75% Al) the maximum value attained in the wedge drawing test with

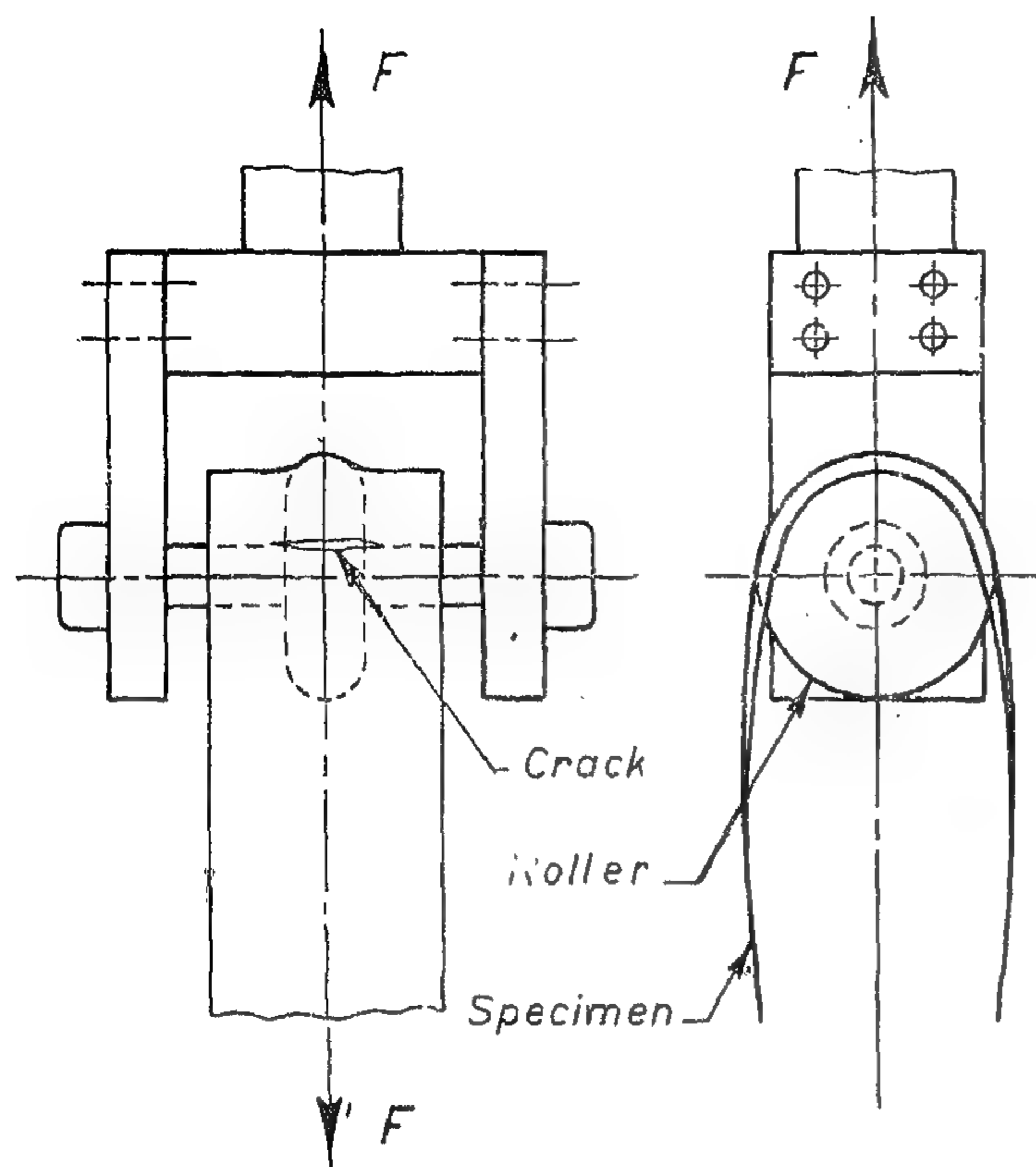


FIG. (5). Details of tools for Güth's stretch test.

The width of indentation formed is taken as measure for the stretch-drawability of the material. Rollers of various profiles, also punches with different forms can be used in this test.

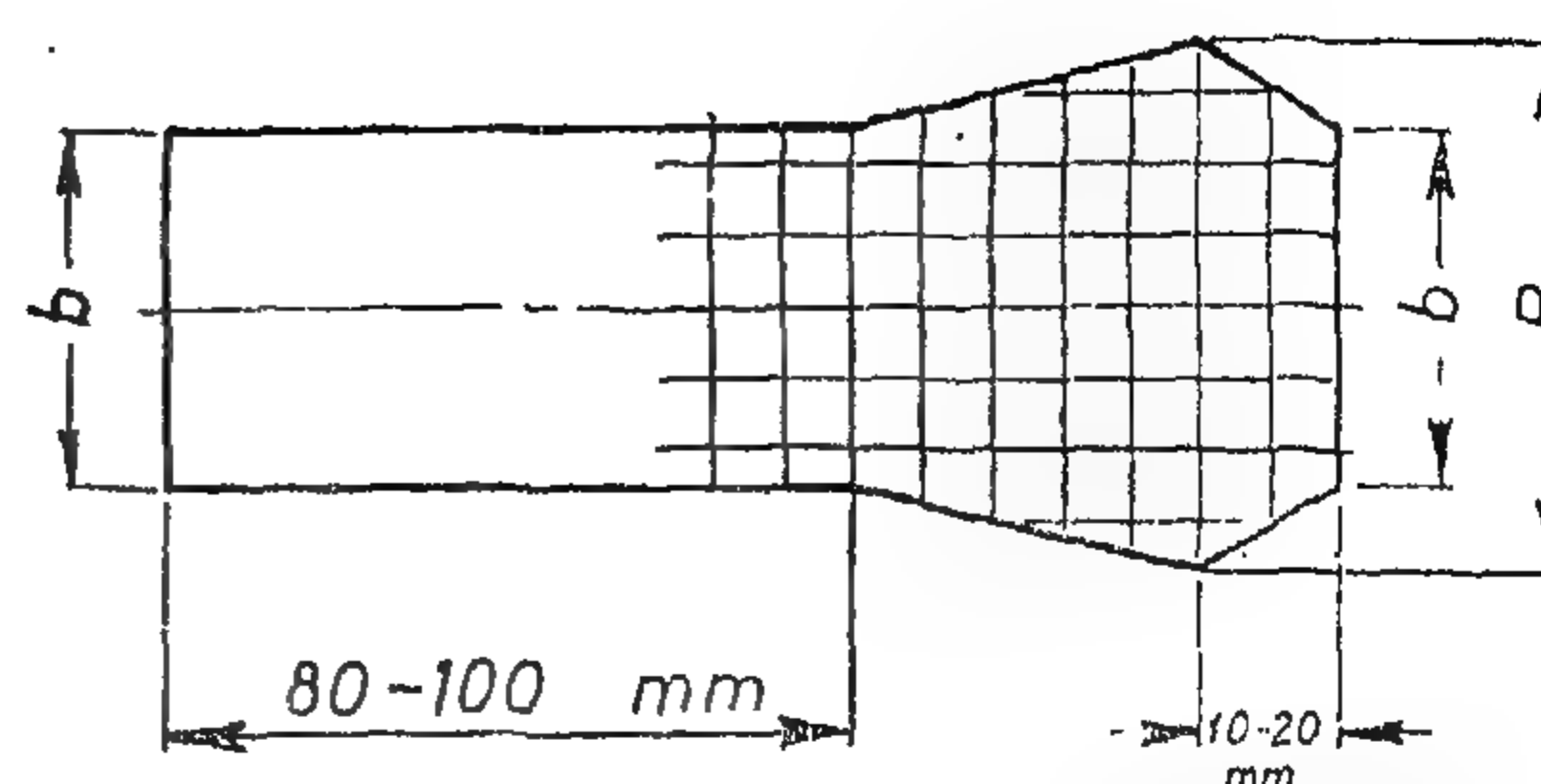
(B) WEDGE DRAWING TESTS

In these tests a wedge-shaped specimen is drawn through a similarly shaped die, in a tension testing machine. Blank holding is of the constant-clearance type. The stress state, except for end conditions, simulates that encountered in the radial drawing operation in the cup flange during the drawing-in stage.

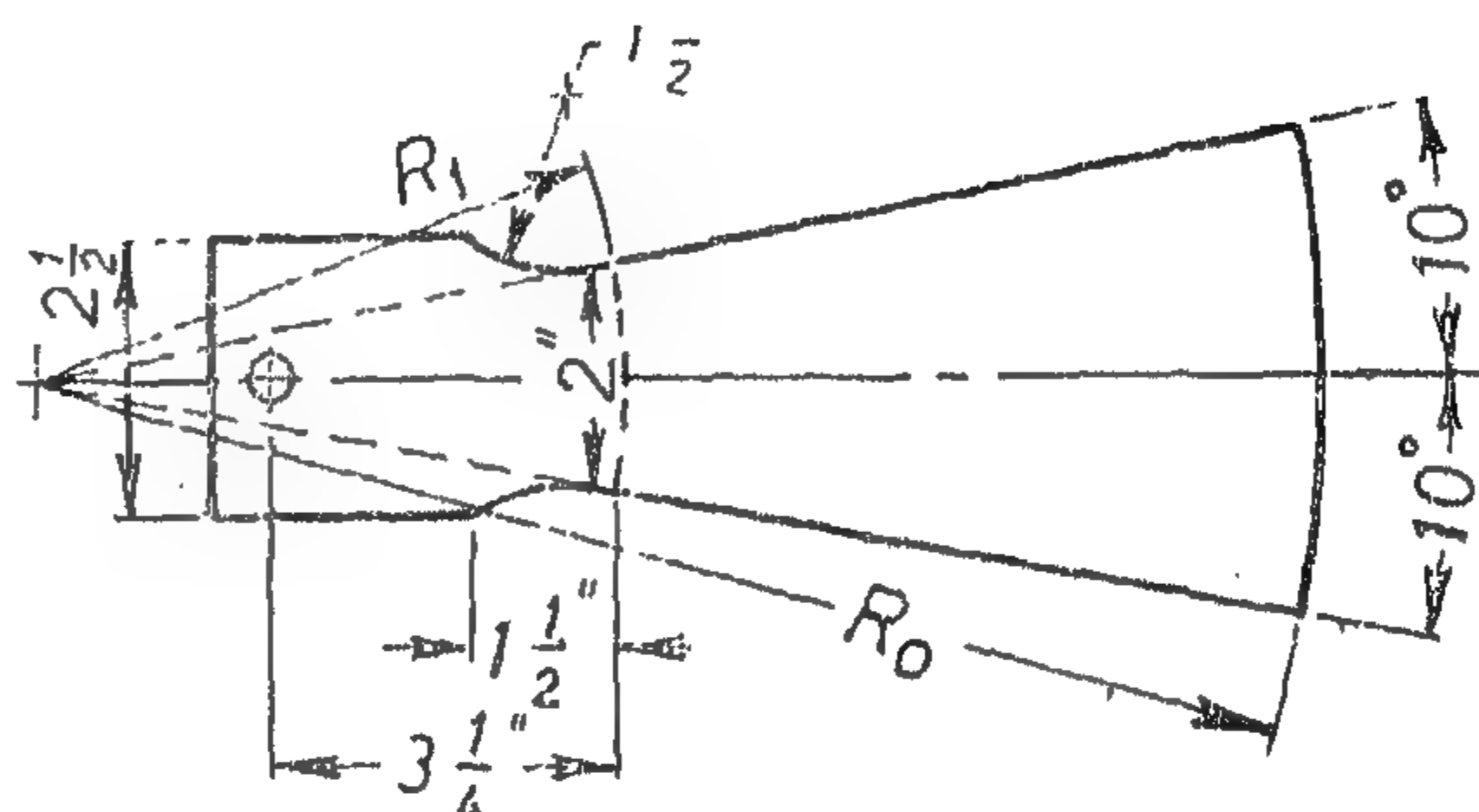
Test results are evaluated in terms of the maximum drawable width or length of wedge, and the maximum load attained during the test.

(6) Sach's Test:

The wedge drawing test was first put forward by Sachs [31, 32] using test pieces



(a) Sachs Test Specimen (Taper=1:5)



(b) Swift's Test Specimen

FIG. (6). Wedge drawing test specimens.

of the form shown in Fig. (6). Wedge-shaped specimens with increasing widths are drawn through the die until fracture occurs. The ratio of the maximum width B_{max} of the successfully drawable wedge to the final width b has been taken—irrespective of the wedge angle—as measure for the suitability of the material for deep drawing, and has been called “Drawing Capacity” of the material.

Stresses induced in this test consist of radial tensile stresses together with tangential compressive stresses. Test conditions differ from those exercised by the flange in a partially drawn cup in the presence, at wedge sides, of large frictional forces; consequently test results may be expected to be influenced by lubrication conditions. The general appearance of the specimen's surface and of fracture would also give, for skilled operators, a rough assessment of the grain size.

The wedge drawing test seems to have been independently developed by Eksergian

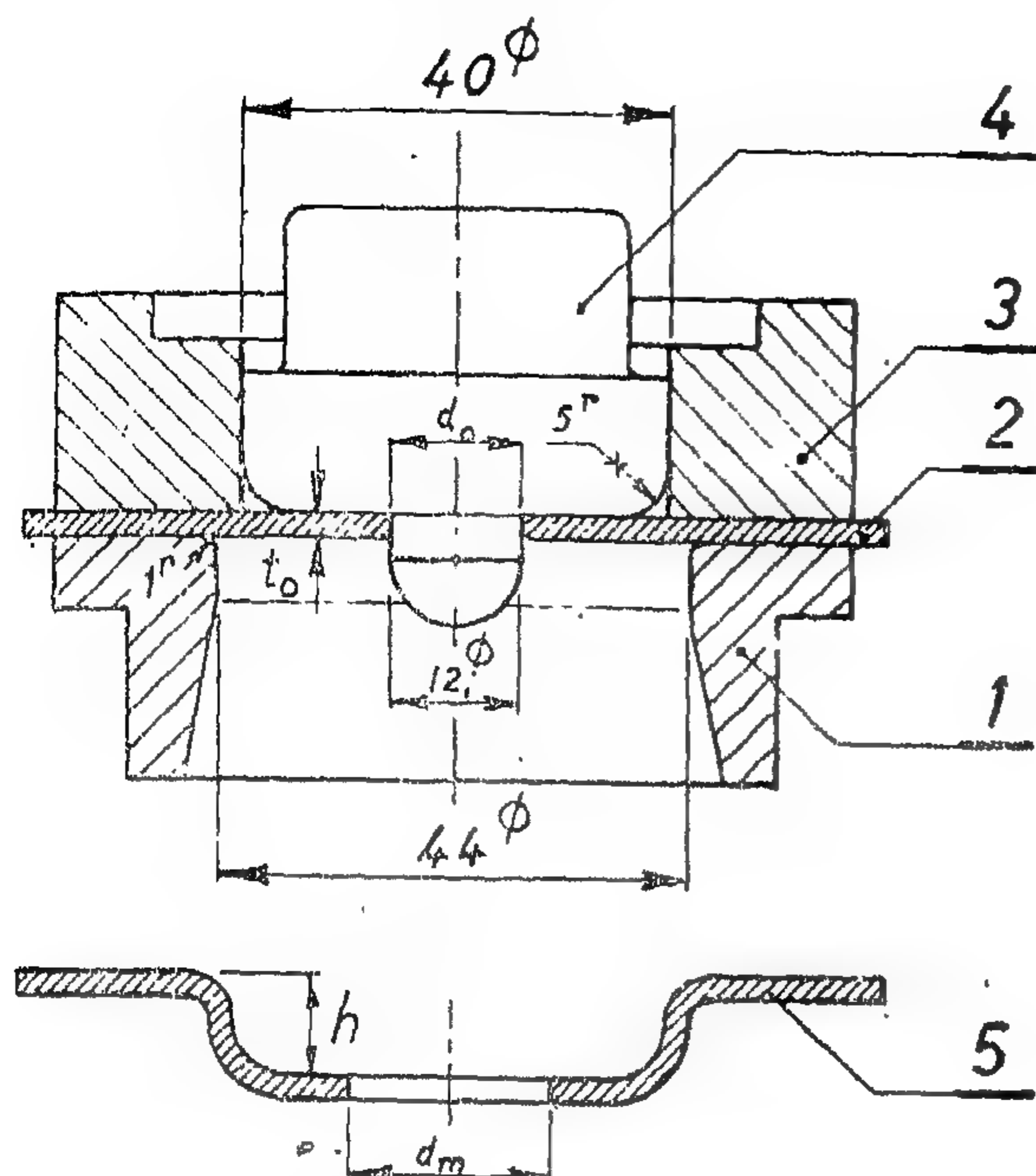


FIG. (4). Details of tools used in performing the K.W.I. expanding test.

1: Die. 2: Test piece. 3: Holder.
4: Punch. 5: Expanded test piece.

The process yields three criteria which are anisotropic behaviour, the central hole does not maintain its circular shape on performing the test.

taken as measure for the drawing qualities of tested material, namely:

- Depth of draw or punch penetration h in mm,
- Expanding ratio d_m/d_o , in which d_m represents the mean value of the hole diameter after test $[= \frac{1}{2}(d_{max} + d_{min})]$ and d_o the original diameter of hole.
- Degree of non-uniformity measured by the ratio $(d_{max} - d_{min})/d_m$.

The suitability of sheet for forming is taken as being directly proportional to the first two criteria and inversely proportional to the third. For the numerical assessment of formability in this test, the following ratio has, therefore, been adopted:

$$\left[h \cdot \frac{d_m}{d_o} \cdot \frac{d_m}{d_{max} - d_{min}} \right]$$

$$\text{or } \frac{h (d_{max} + d_{min})^2}{4 d_o (d_{max} - d_{min})}$$

Siebel and Pomp claimed that their test closely corresponds to same conditions of loading as those encountered in a tension test, and then proposed to determine the ultimate tensile strength σ_B from the equation:

$$\sigma_B = (P_B / (\pi d_o t_o)) \dots \dots \dots (1)$$

in which P_B represents the maximum load attained during drawing. The test would thus allow for the determination of the tensile strength of relatively thin sheets which could not otherwise be obtained in the usual tensile test.

The K.W.I. test suffers from the uncertainty associated with the judgement of the development of the first crack especially that failure of the test piece develops quite gradually. This would throw doubt as to the accuracy with which end values of test can be determined. The test is, moreover, only suitable for testing sheet metal designated for receiving a forming operation similar to that encountered in the test, since the increase in the diameter of the hole and the stresses induced at its periphery do not correspond to conditions met with in deep drawing.

(5) Güth's Stretch Test:

For sheet metal parts to be manufactured by the stretch forming process, Güth has developed a suitable testing method [29, 30] in which bands measuring some 500 mm in length and 90 mm in breadth are stretch drawn in a tensile testing machine. The test piece is clamped at its two ends to one side of the testing machine, while the middle portion of the strip (now assuming some horse-shoe form) is acted upon by a roller fixed to the other side of the machine by means of a forked piece (Fig. 5).

The test specimen is stretch drawn in the machine until a transverse crack develops.

of test results, short time involved and low material consumption in the test.

An advantage credited to the Erichsen test is that it provides, for experienced operators, some indication of the "average grain size" as judged by the roughness of the formed dome, also of the surface texture to be expected on forming of tested material. The type of fracture may further lead to useful conclusions concerning the directional properties of the material.

Another version of the Erichsen test is the "Guillery Test" in which the solid punch is acted upon by a piston subjected to fluid pressure, in place of the screw actuating the punch in the Erichsen test.

(2) Erichsen Test with Ellipsoidal Punch:

A new test is being developed in France for testing sheet metal using an ellipsoidal punch on machines normally employed for performing the Erichsen test. In the proposed method, the blank is kept circular in form though its diameter is made to vary in accordance with sheet thicknesses.

The test is carried out under carefully specified surface and lubrication conditions, and the metal is allowed to exercise a certain amount of flow under the blank-holder.

(3) The Hydrostatic Bulge Test:

A test somewhat similar to the Erichsen test is that known as the Olsen Test (also the Jovignot Test) in which penetration by a solid punch is replaced by the application of oil under pressure [25]. In such test the specimen is gripped really tightly so that no inward flow of the material is permitted, thus resulting in a pure bulge test. The test is, however, unpopular due to its inherent messiness.

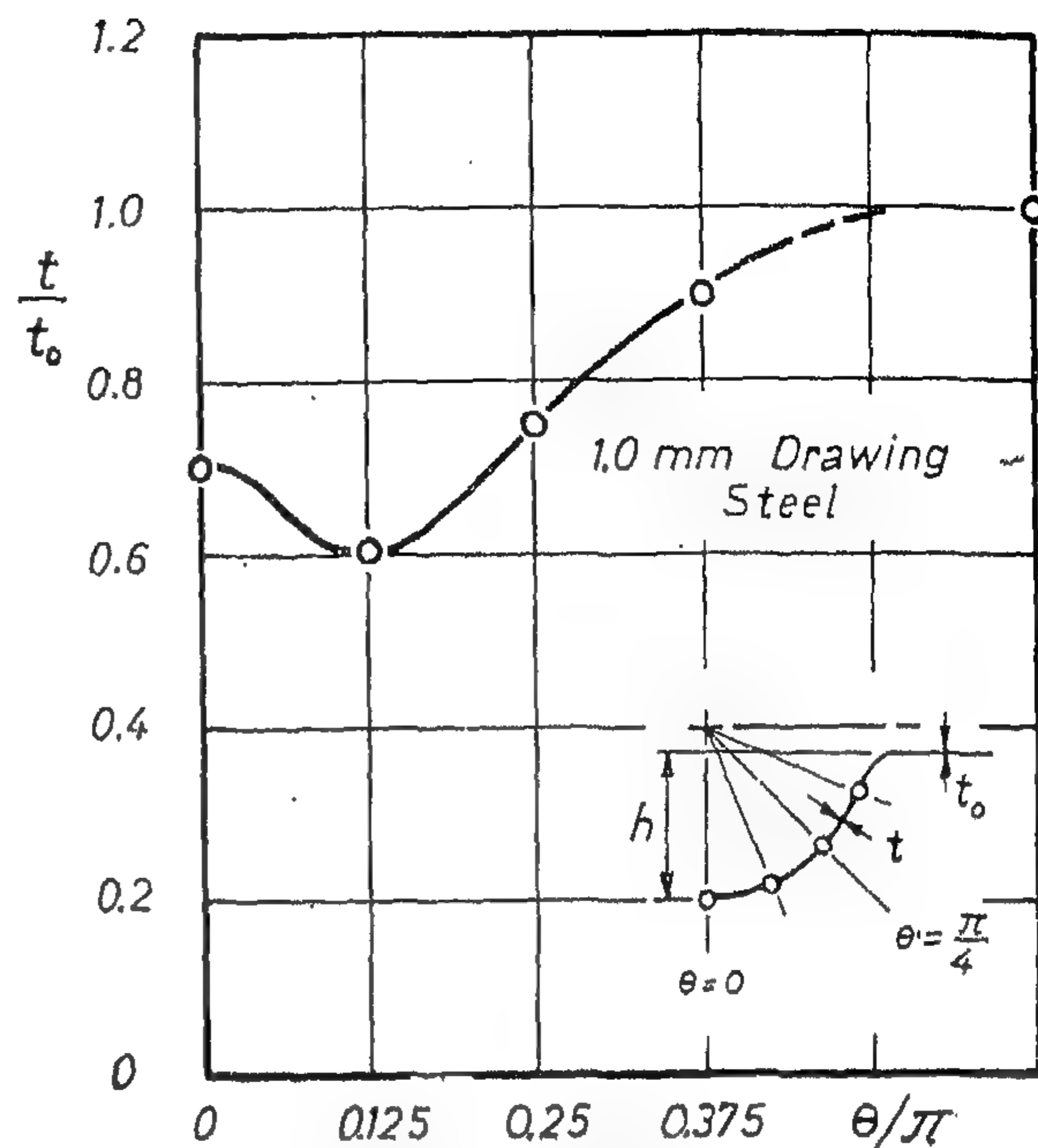


FIG. (3). Typical thickness variation of blank in the Erichsen test.

This type of test has been found suitable for the determination of the plastic behaviour of sheet metal in the so-called flow curves (true stress—true strain curves) [26]; it shows good agreement with results obtained in the tension test.

(4) K.W.I.* Expanding Test:

In this draw-stretch test proposed by Siebel and Pomp [27, 28], the test piece generally takes the form of a circular blank with a neatly finished concentric hole at its middle; it is firmly held between the die (1) and the holder (3) (Fig. 4). By forcing the punch (4) against the test piece, the latter is drawn with consequent expansion of the central hole until a radial crack therein develops.

It is clear that this test entails stretch drawing at the bottom of the partially drawn test specimen, the stress system not corresponding to that encountered in normal deep drawing work. For materials exhibiting

*K.W.I. = Kaiser Wilhelm Institut für Eisenforschung.

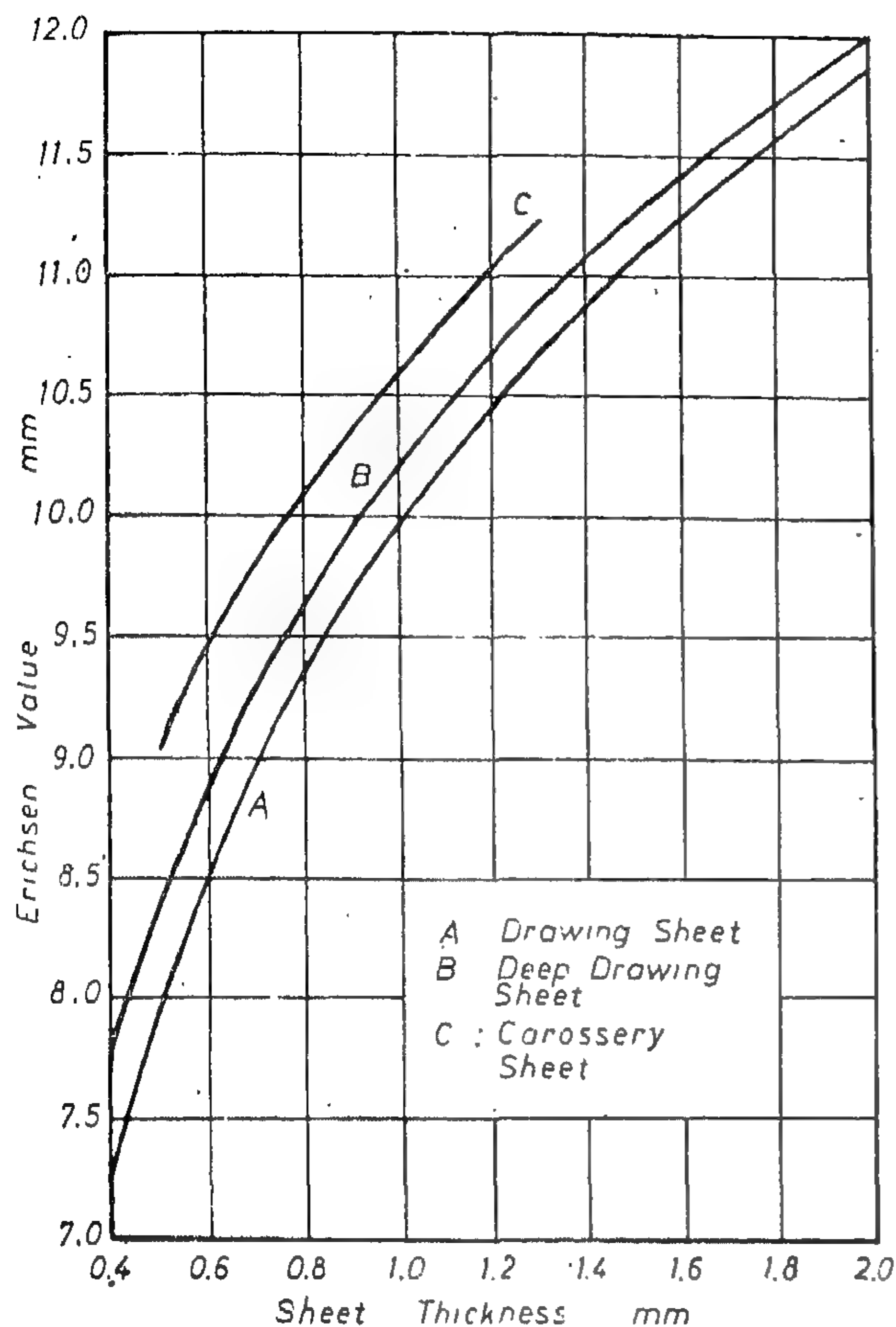


FIG. (2) a. *Erichsen test values for steel sheets.*

qualities. Test results are also affected by lubrication of blank. It has been shown that the Erichsen test may be looked upon as some form of tension test with a relatively short test length [24].

No correlation has yet been established between the Erichsen value and the limiting drawing ratio* obtained in cup-forming tests. It is generally accepted that the Erichsen test cannot, in its present form, be considered suitable for the general assessment of deep drawing qualities of sheet metal, since it involves a stress system different from that generally prevailing in deep drawing work. The Erichsen test is, however, very widely used, its popularity being mainly due to its simplicity, low cost, ready evaluation

*Ratio of largest possible, successfully drawables, blank diameter to punch diameter.

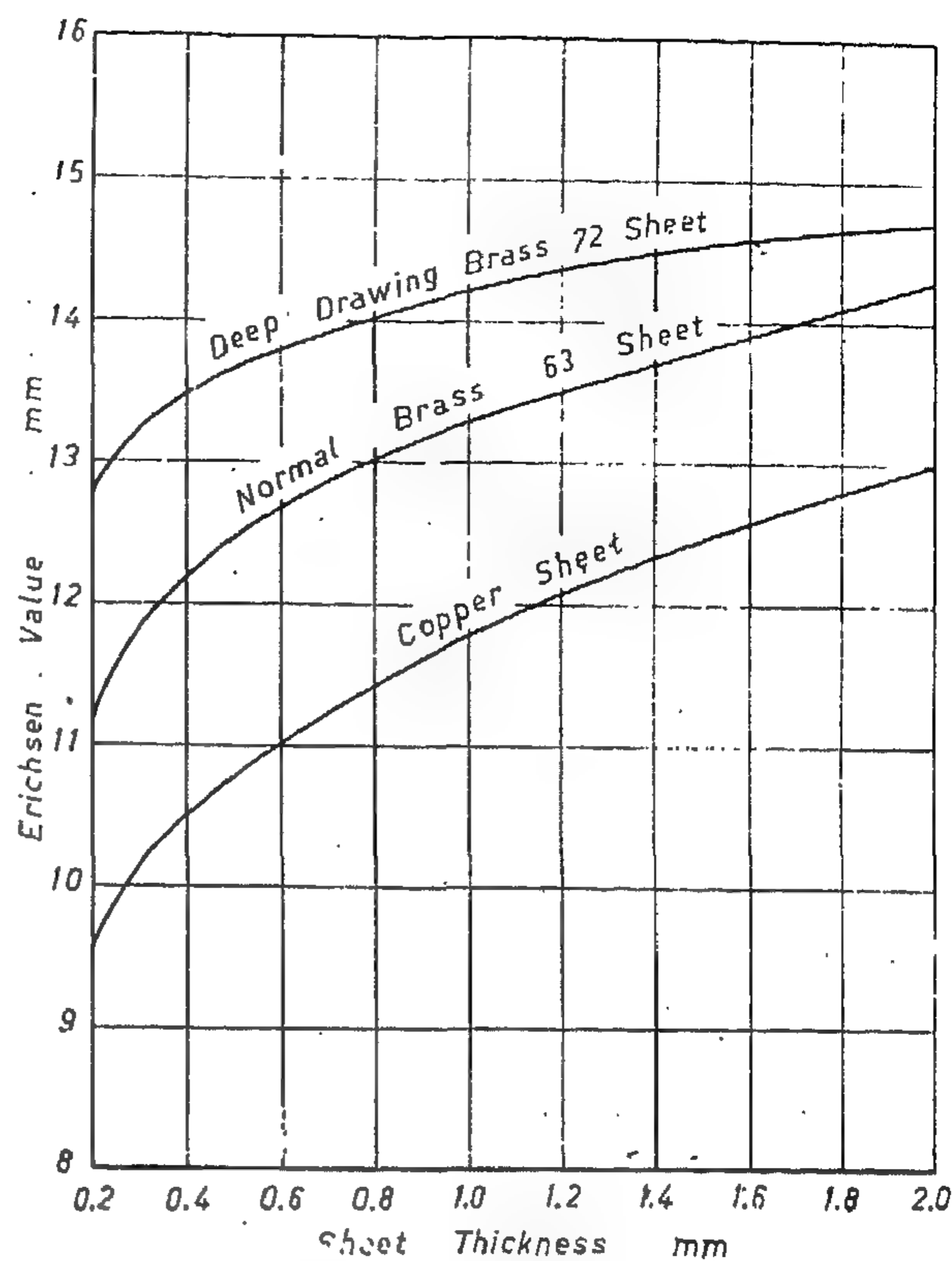


FIG. (2) b. *Erichsen test values for copper and brass sheets.*

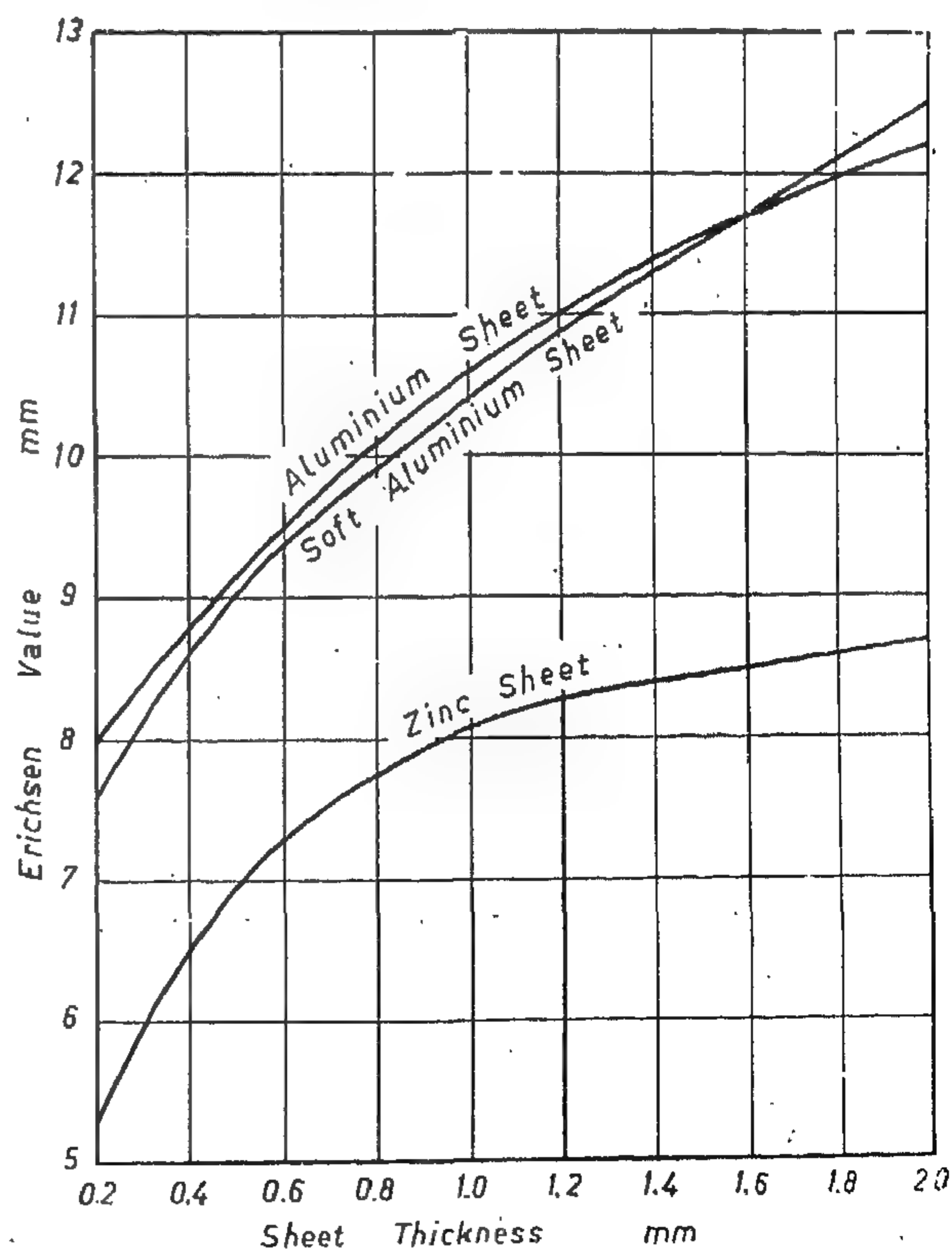


FIG. (2) c. *Erichsen test values for aluminium and zinc sheets.*

conveniently arranged, in accordance with their nature, in five groups, namely :

- (A) Stretch Forming Tests.
- (B) Wedge Drawing Tests.
- (C) Deep Drawing Tests.
- (D) Combined Tests.
- (E) Assessment through Mechanical Properties.

Owing to the fact that frictional influences (dictated by surface finish, surface coating, surface pressure and conditions of lubrica-

tion) can seriously affect the deep drawing operation, besides other factors such as strain rate, the study of such and of similar variables must first be preceded by the development of accurate and consistent means for evaluating the deep drawing properties of the material should the material factor be held constant for fundamental investigations. Moreover, the absence of such satisfactory test has always been a source of inconvenience for both suppliers and users in the sheet metal industry.

PART I: STRETCH-FORMING AND WEDGE-DRAWING TESTS

(A) STRETCH FORMING TESTS

In these tests the material is mainly subjected to a system of balanced bi-axial tension, stretch forming being effected by means of a solid punch (Erichsen and Guillery Tests) or through fluid pressure (Olsen and Jovignot Tests).

(1) The Ericksen Test :

The earliest test for examining the deep drawing quality of sheet metal was developed by Erichsen in 1914 [18]. The test has since been subject to numerous investigations [19-21] with a view to studying its accuracy and field of application to various deep drawing operations.

The Erichsen test is simply a stretch-forming test in which blanks of thicknesses up to 2 mm are acted upon by a cylindrical punch with spherical nose (Fig. 1), the blank being held against a holder to prevent, to a certain extent, inward flow thereunder. The maximum depth h attained before fracture develops is taken as the Erichsen value.

In this test, however, the blank is not gripped so tightly as to fully prevent inward flow of the material under the action of the punch, but rather some inward flow under restraint is allowed.

Dimensions and form of tools used (Fig. 1), also test values for sheet metal (Fig. 2 a, b

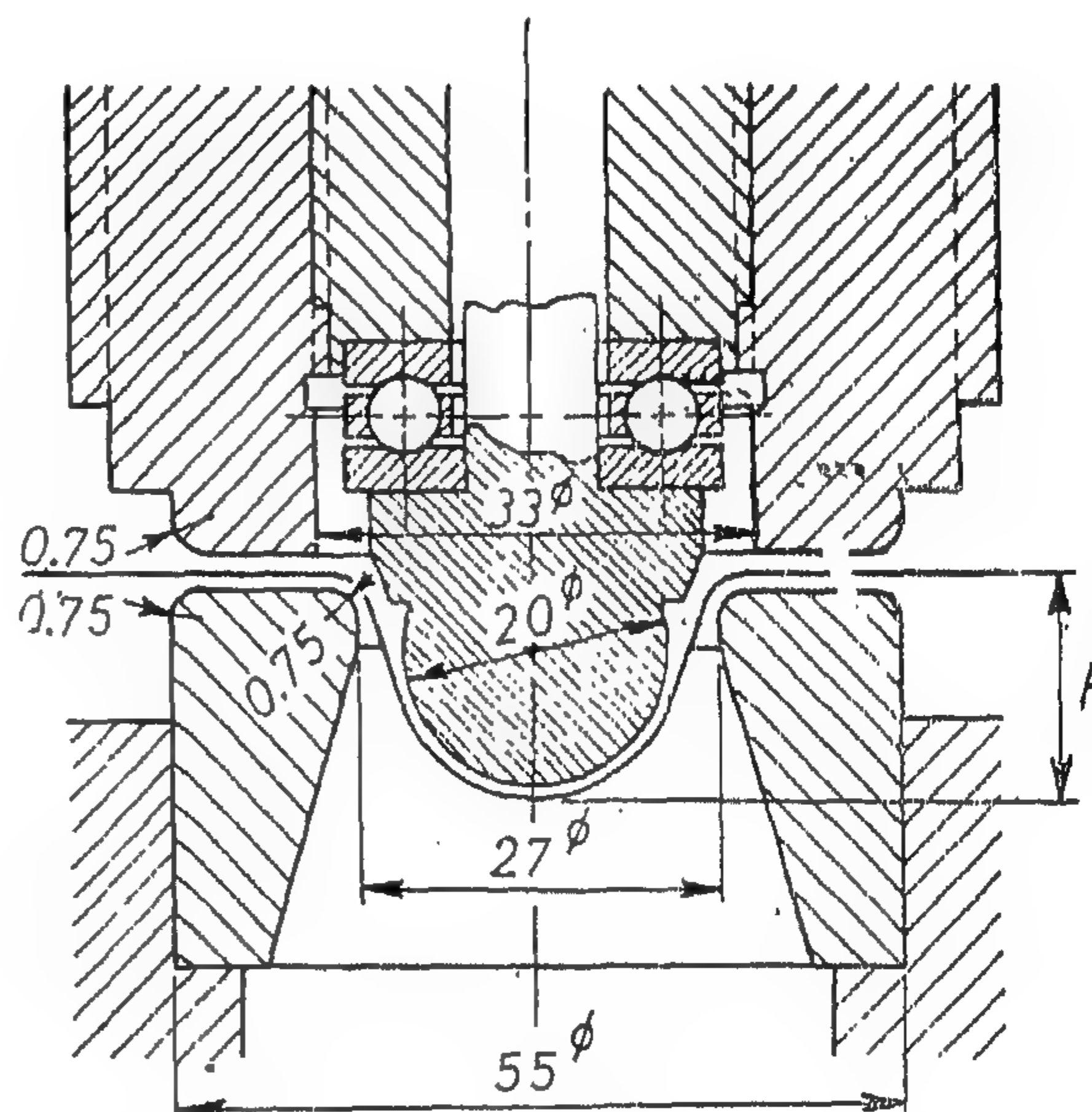


FIG. (1). Form and dimensions of tools used for performing the Erichsen Test in accordance with the German Specification DIN 50101. (Dimensions in mm.)

and c), have been standardised in Germany [22, 23]. Fig. (3) shows a typical thickness variation along the blank in this test.

It is evident that the depth h , taken in this test as criterion for drawability, greatly depends on blank thickness. Moreover, the thickness tolerance may well lead to discrepancies of same order as differences between Erichsen values for different sheet

ASSESSMENT OF DEEP DRAWING QUALITIES OF SHEET METAL

Part I : STRETCH FORMING AND WEDGE DRAWING TESTS

By

GALAL S. A. SHAWKI

B. Eng., Ph.D., A.M.I. Mech. E.

*Asst. Professor, Faculty of Engineering,
Cairo University.*

This series of papers presents a critical review of the methods of assessing deep drawing qualities of sheet metal developed during the last fifty years. Methods reported include stretch forming wedge drawing, deep drawing and combined tests, also the assessment through mechanical properties of the material.

The nature and fundamental details of tests are outlined, and factors influencing relevant results are considered. The significance, limitations and extent of applicability of test results are discussed, and the correlations between tests, if any, is given.

It is concluded that, as far as methods reviewed are concerned, no single test can yet be considered quite adequate for reliable prediction of sheet metal performance under the press.

INTRODUCTION

The plastic working of metals has made notable progress during the present century, though only during the last few decades did the theory of plasticity receive serious and intensive attention.

Fundamental research on the mechanism of deep drawing was initiated in the 1940's by the late Professor H. W. Swift at the University of Sheffield. He carried out basic scientific studies of stresses and strains induced in the sheet during the drawing operation, press load requirements and limitations of the drawing process[1-5]*. An important objective which he also sought was the development of a reliable method for the assessment of deep drawing qualities of sheet metal, which method, if developed, would be of considerable importance in the sheet metal

industry. Swift investigated carefully the wedge drawing test [6] and proposed a deep drawing test [7, 8] known after his name, in an attempt to predict sheet metal performance under the press. It is this latter aspect of Swift's work which we are mainly concerned with in this series.

The problem of assessing deep drawing qualities of sheet metal has been the subject of extensive investigations, and is frequently referred to in recent literature on sheet metal work [9-17]. The problem has, quite rightfully, gained international interest, and is now comprised in the field of activity of the "International Deep Drawing Research Group (I.D.D.R.G.)".

In this series, the various methods so far devised and proposed for the solution of the problem are critically reviewed; they are

*See list of references at end of paper.

Assume that $f = 0.015$, and that the culvert discharges into a wide channel. In this case, therefore, C_o may be taken a unity.

$$H_T = \frac{V^2}{2g} C_o + C_o + C_f) \dots\dots\dots \text{eqn. (2)}$$

$$H_T = 0.20 \text{ m.}$$

$$C_o = 1.00$$

$$\text{and } C_f = f \times \frac{L}{D} = \frac{0.015 \times 10}{0.30} = 0.50$$

$$V = 0.567 \text{ m./sec.}, \frac{V^2}{2g} = 0.01645$$

$$\therefore \frac{H_T}{\frac{V^2}{2g}} = \frac{0.20}{0.01645} = 12.17$$

$$\therefore 12.17 = C_o + 1.00 + 0.50$$

$$\therefore C_o = 8.10$$

From Fig. (9) $C_o = 8.10$ corresponds to 0.413 diameter opening.

$$\text{i.e.} = 0.413 \times 0.30 = 12.40 \text{ cms. open.}$$

REFERENCES

- (1) R. W. Cater: "Computation of peak discharge at culverts", U.S. Geological Survey, Circular 376, 1957.
- (2) Wen-Hsiung Li and Calvin C. Patterson: "Free outlets and self-priming action of culverts, paper 1009", Proceedings, ASCE Journal, Hydraulics Division, No. HY3, June, 1956.
- (3) David L. Yarnell, Floyd A. Nagler, and Sherman M. Woodward: "Flow of water through culverts", University of Iowa, Bulletin 1, 1926.
- (4) F. T. Mavis: "The hydraulics of culverts", The Penn. State College; Bulletin 56; Oct., 1, 1942.
- (5) Lorenz G. Straub and Henry M. Morris: "Hydraulic data comparison of concrete and corrugated metal culvert pipes", University of Minnesota, Technical paper 3, series B, July, 1950.
- (6) Lorenz G. Straub and Henry Morris: "Hydraulic tests on corrugated metal culvert pipes", University of Minnesota, Technical Paper 5, series B, July, 1950.
- (7) Lorenz G. Straub, Alvin G. Anderson, and Charles E. Bowers: "Effect of inlet design on capacity of culverts on steep slopes", University of Minnesota, Project Report No. 37, August, 1953.
- (8) Lorenz G. Straub, Alvin G. Anderson, and Charles E. Bowers: Importance of inlet design on culvert capacity, in culvert Hydraulics", Highway Research Board, Research Report 15-B, Washington, D.C., 1953.
- (9) Roy H. Shoemaker, Jr., and Leslie A. Clayton: "Model studies of tapered inlet for box culverts, in culvert Hydraulics", Highway Research Board, Research Report 15-B, Washington, D.C., 1953.
- (10) John L. French: "First progress report on Hydraulics of short pipes: Hydraulic Characteristics of commonly used pipe entrances", U.S. National Bureau of Standards, Report 4444, Dec. 28, 1955.
- (11) John L. French: "Third progress report on Hydraulics of culverts: Effect of approach channel characteristics on Model Pipe culvert operation", U.S. National Bureau of Standards, Report 5306, June 3, 1957.
- (12) H. Rouse: "Engineering Hydraulics", Institute of Hydraulic Research, State University of Iowa, p. 427, 1950.

C_T = The total loss factor.

C_e = The entrance loss factor.

C_o = The exit loss factor.

C_f = The friction loss factor

$$= f \times \frac{L}{D}$$

where

f is the surface resistance factor, L the length of the pipe, D the diameter of the pipe.

For different cases of openings, calculations for C_e , C_o and C_f were carried out according to equation (3). Their values are shown in the following table. Also a curve for C_o against the pipe opening is drawn on Fig. 9.

Case of opening	Mean value of		
	C_e	C_o	C_f
Fully Open	0.58	0.67	0.33
12/16-(3/4)	1.25	0.74	0.32
10/16	2.09	0.66	0.35
8/16-(1/2)	4.19	0.78	0.30
7/16	6.53	0.64	0.35
6/16	11.40	0.60	0.35
5/16	22.04	0.66	0.30
4/16-(1/4)	38.95	0.67	0.28

Mean value of C_o in general = 0.70.

Mean value of C_f in general = 0.32.

$$f = C_f \times \frac{D}{L} = 0.012.$$

For the exit condition of the pipe culvert tested in this work, a mean value of 0.70 for C_o for different cases of openings is considered. Also a mean value of 0.32 for C_f is taken.

The mean values of C_e and C_f were considered in equation (2) and discharges for different openings were recked. An error not greater than $\pm 2\%$ for some runs was noticed.

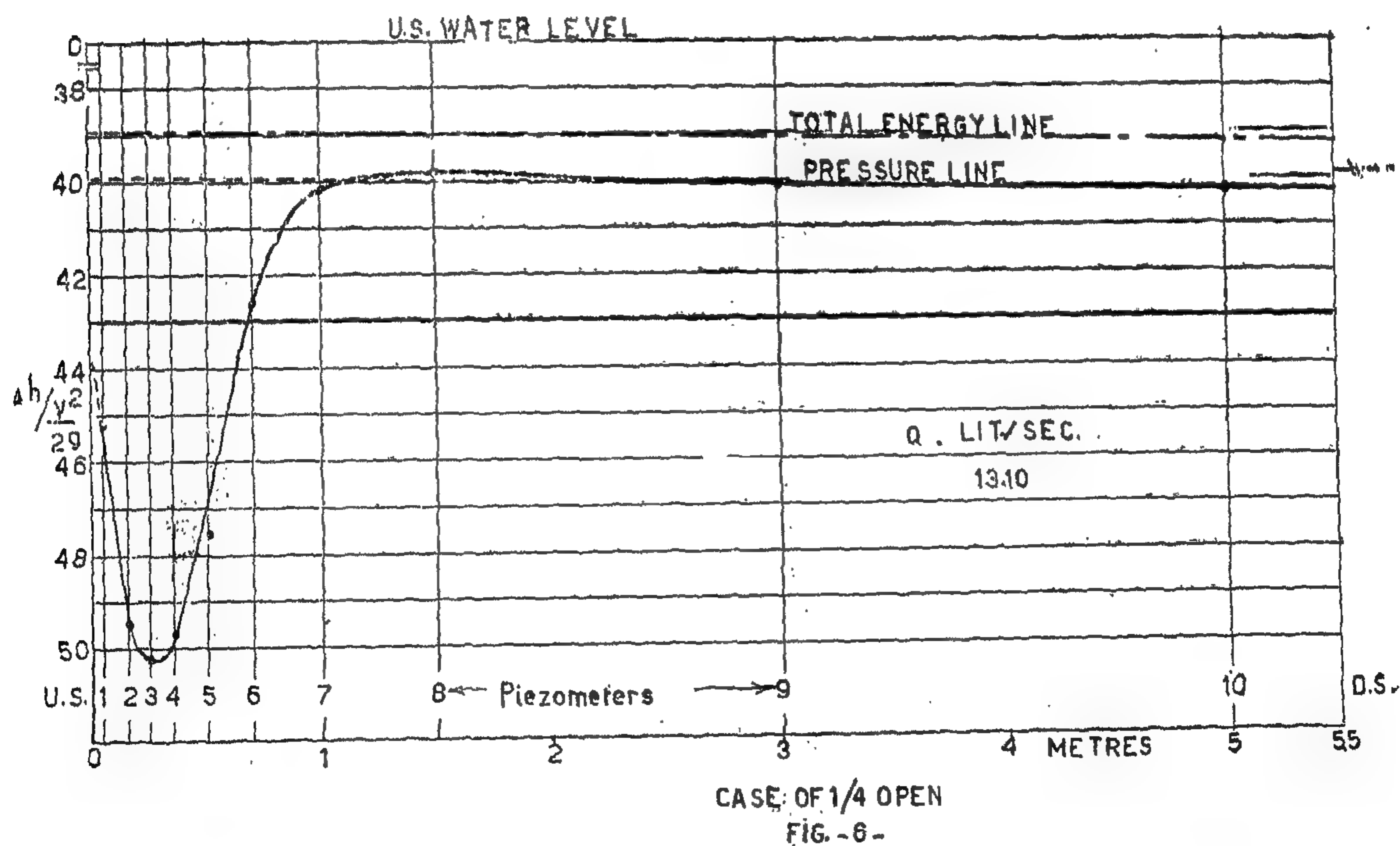
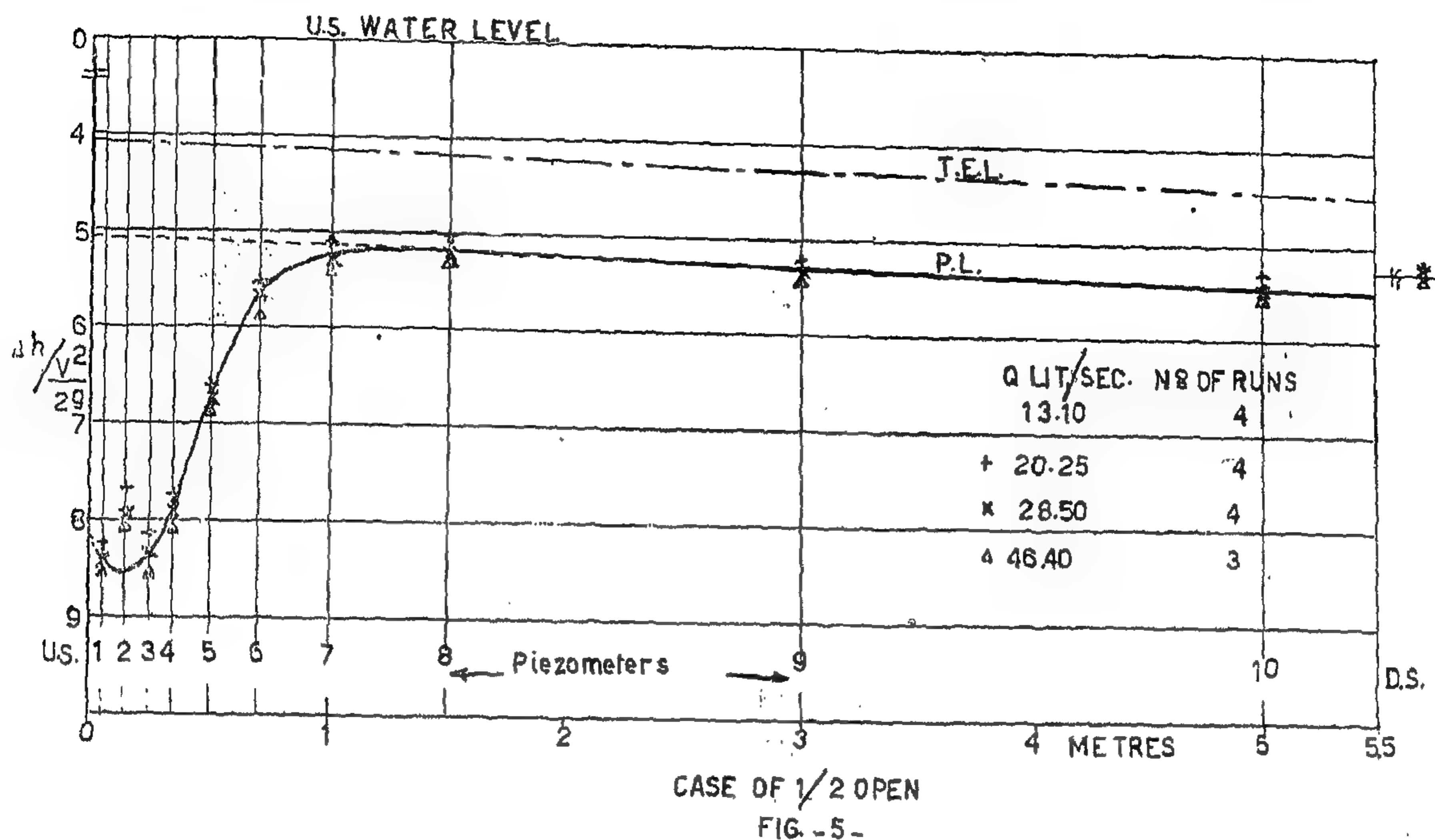
(e) Investigations of Results :

- (1) In case of culvert fully open, Fig. (3) shows that, the maximum drop in pressure in the barrel occurs just after the entrance, then it is recovered at a distance of about 4 times the diameter of the pipe, where it reaches its maximum value. Then a transition form in the pressure line is extended to about 11 times the diameter, where the surface resistance begins to be uniform.
- (2) In case where the pipe is $\frac{3}{4}$ open, Fig. (4) shows that, the maximum drop occurs also just after the entrance, and also is recovered at about 4 times the diameter. A transition is extended to about 11 times the culvert diameter as in cases of fully open culvert.
- (3) When the culvert is $\frac{1}{2}$ opened, Fig. (5) shows that, the maximum drop occurs a distance of about $\frac{3}{4}$ the culvert diameter, and a transition is extended to about 11 times the culvert diameter.
- (4) In case where the culvert is $\frac{1}{4}$ opened, it is shown in Fig. (6) that, the maximum drop occurs a distance of $1\frac{1}{4}$ the pipe diameter, then recovered at about 8 times the diameter. A transition is extended to about 11 times the pipe diameter.

Therefore it may be concluded that, when the culvert is regulated by a sluice gate, the flow entering the culvert will contract to a depth less than the height of the culvert barrel, the high velocity jet under the gate will continue through the barrel length, but its velocity will be reduced slowly as head is gradually lost by friction. This explains the shift of the maximum drop of the pressure as the gate is partially closed.

(f) Example for practical use :

A pipe culvert of 0.30 m. diameter, and a length of 10 ms., is fitted with a sluice gate. It is required to find the necessary gate opening to discharge 40 lit. $\frac{1}{4}$ sec. under a total loss in head of 0.20 m.



less pressure line for previous cases of openings.

The straight reach of the $(\Delta h / \frac{V^2}{2g})$ line was continued in dash line to meet the upstream vertical line. The dimensionless form of the total energy line was obtained by

plotting a parallel to the $(\Delta h / \frac{V^2}{2g})$ line at a vertical distance of unity as shown in Figs. (7 & 8).

For the cases when the culvert was 10/16, 7/16, 6/16 and 5/16 open, only the U.S., D.S. and the last two piezometers No. 9 and 10 readings were taken for different runs.

(c) Test Results :

For cases of culvert that is fully, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, and open, the mean dimensionless form of the

pressure line ($\Delta h / \frac{V^2}{2g}$) for different discharge for each case were drawn.

Where :

Δh = The upstream water level ($H_{u,s}$)

— The piezometer water level (h_p)

& V = The mean velocity in the pipe running full.

Figures 3, 4, 5 and 6 show the plots for different discharges and the mean dimension-

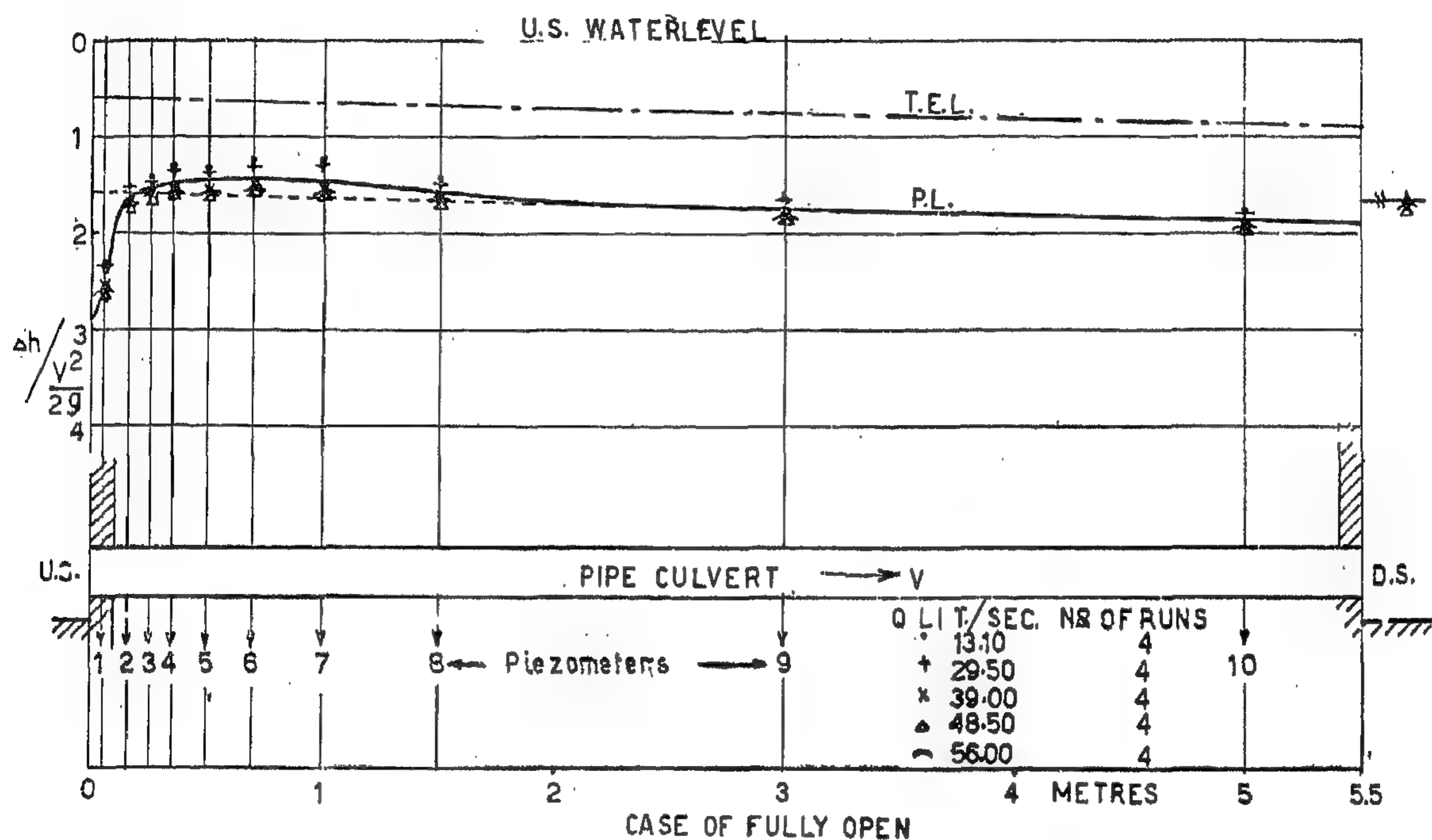


FIG. -3-

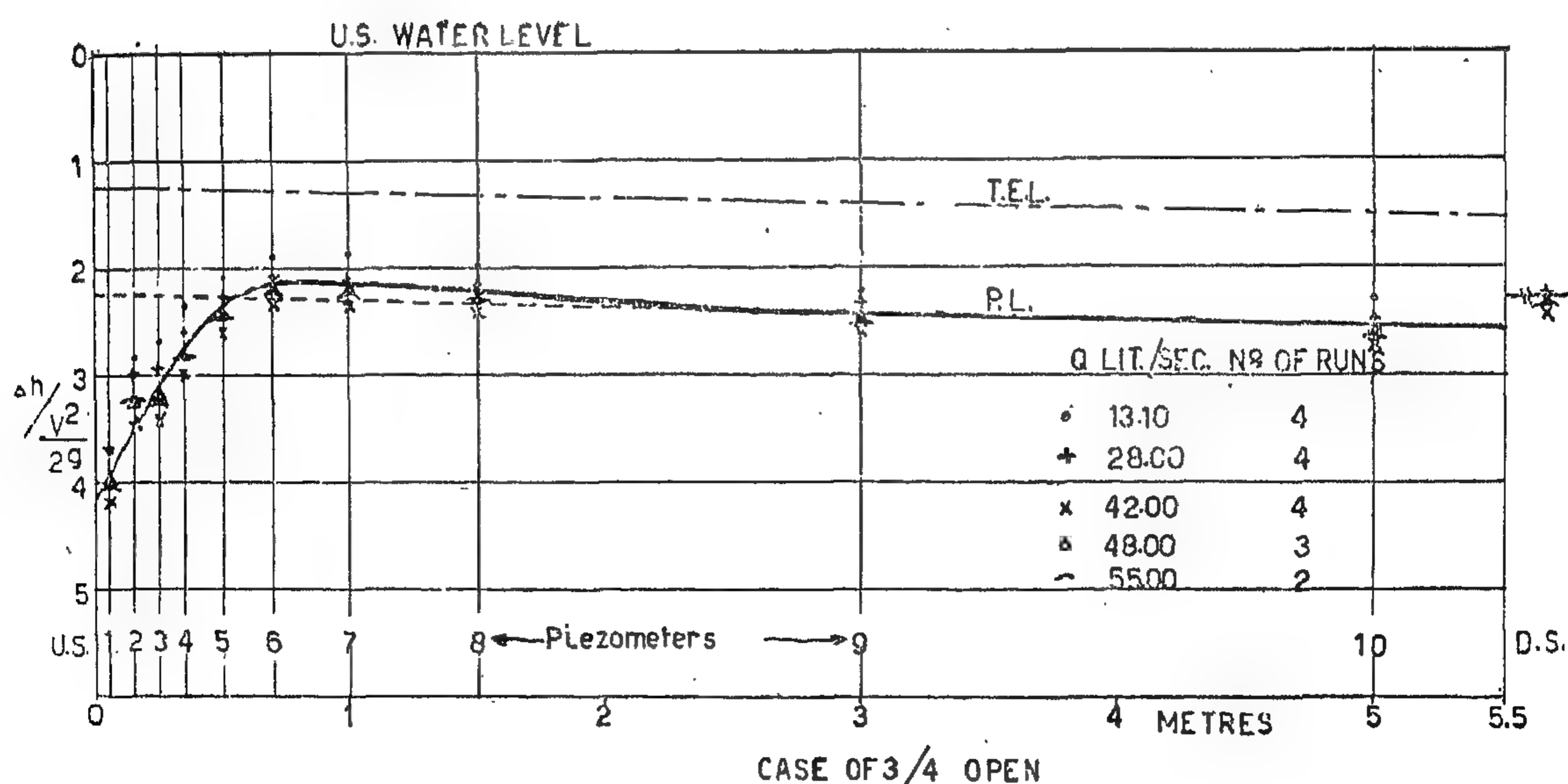


FIG. -4-

APPARATUS

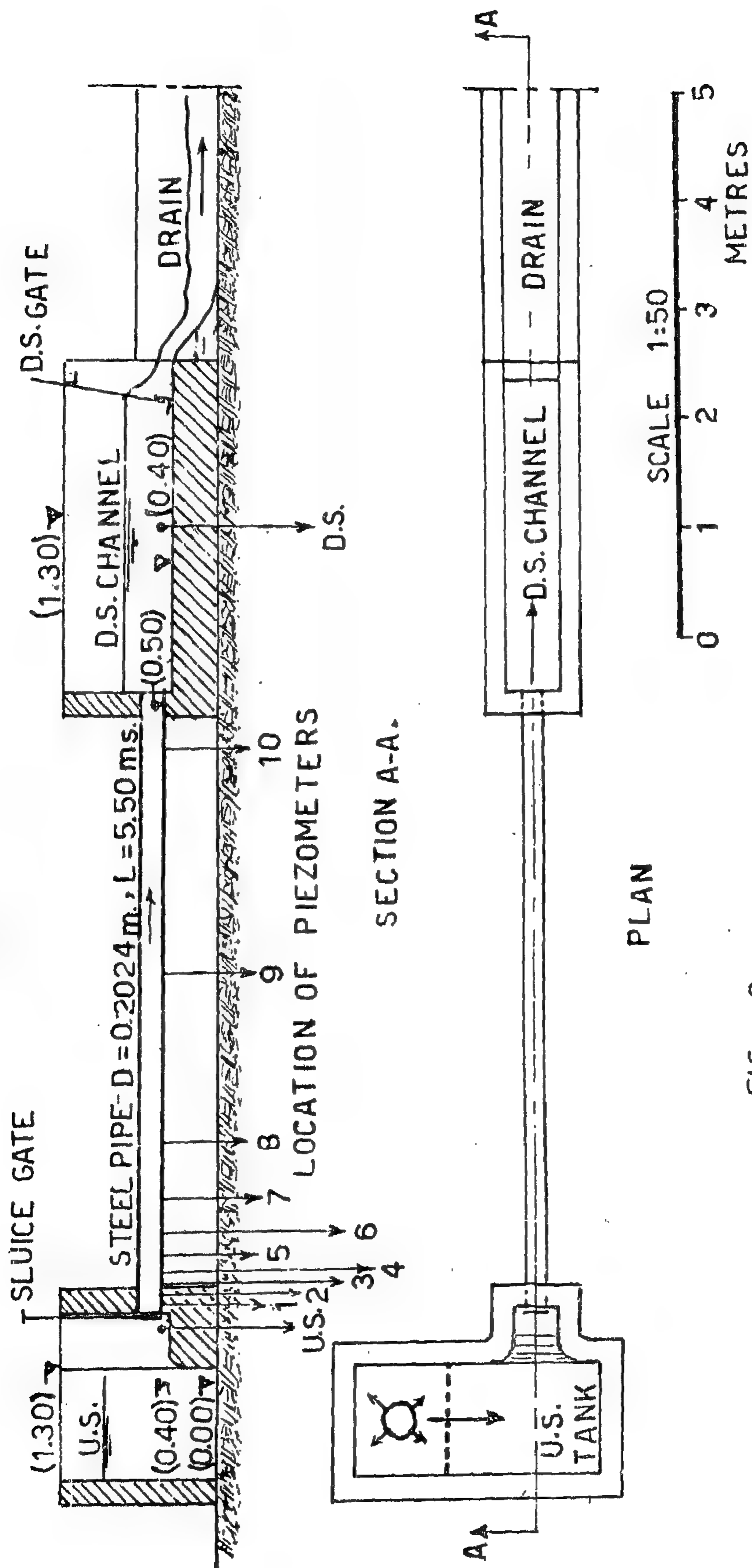


FIG. -2-

coefficients of head loss at the entrance for different stages of gate closure are obtained, and may be used for practical purposes.

II.—Flow through culverts:

A culvert is a unique type of constriction, and its entrance is a special kind of contraction. The culvert acts as an open channel as long as the flow is partly full. It will flow full, when the outlet is submerged or when the outlet is not submerged but the headwater is high and the barrel is long. The characteristics of the flow are very complicated.

Whether a culvert is hydraulically short or long, cannot be determined by the length of the barrel alone. It depends on other characteristics, such as slope, size, entrance and outlet conditions. A culvert may become hydraulically short, that is, it may flow partly full, even when the headwater is greater than its critical value. For this situation Carter (1) has prepared charts which may be used to distinguish roughly between a hydraulically short and hydraulically long culvert. Under suitable conditions, a hydraulically short culvert with submerged entrance may prime itself automatically and thus flow full. According to the laboratory investigations by Li and Patterson (2), this self-priming action is due to a rise of the water up to the top of the culvert caused in most cases by a hydraulic jump, the back water effect of the outlet, or a standing surface wave developed inside the barrel.

If the outlet is submerged, the culvert will flow like a pipe and considered hydraulically long.

Yarnell, Nagler, and Woodward (3) were notable pioneers who made more than 3,000 tests on flow through different pipes and box culverts. Later on, round smooth pipe culverts were tested by Mavis (4), corrugated and concrete pipe culverts by Straub and Morris (5-6) and by Straub, Anderson and Bowers (7-8), and standard box culverts by

Shoemaker and Clayton (9). In addition, a comprehensive experimental investigation of the hydraulic behavior of commonly used pipe culverts has been conducted at the U.S. Bureau of Standards (10-11).

III.—Experimental Tests:

(a) Apparatus:

The apparatus consists of a steel pipe of 0.2024 m. internal diameter, and wall thickness of 6 mms. The length of the pipe is 5.50 ms. It was placed horizontally between the intake tank in the upstream and channel in the downstream end. A steel sluice gate of 4 mms. thickness with flat edges, was fitted at the entrance of the pipe. Levels in the D.S. channel were adjusted by a wooden boards. Ten piezometers were located at the bottom of the pipe at distances: 0.05, 0.15, 0.25, 0.35, 0.50, 0.70, 1.00, 1.50, 3.00, 5.00 metres from the U.S. face. These piezometers were connected to multiple manometer. Water levels upstream and downstream of the culvert were measured by wall piezometers in the bottom of the tank and channel.

Fig. (2) shows a detail drawing of the apparatus and the locations of the different piezometers.

(b) Test Procedure:

A total of sixty-four runs were carried out, for different stages of sluice openings. The flow was varied between 13 and 56 lit./sec. The piezometer readings were taken for each run.

Discharges were measured by an orifice meter connected to the main pipe feeding the upstream tank. Air was withdrawn from different piezometer connections before taking the readings.

For all runs the water levels in the downstream channel were higher than the depth of the culvert. Therefore, submerged conditions existed.

REGULATED FLOW THROUGH SUBMERGED PIPE CULVERTS

By

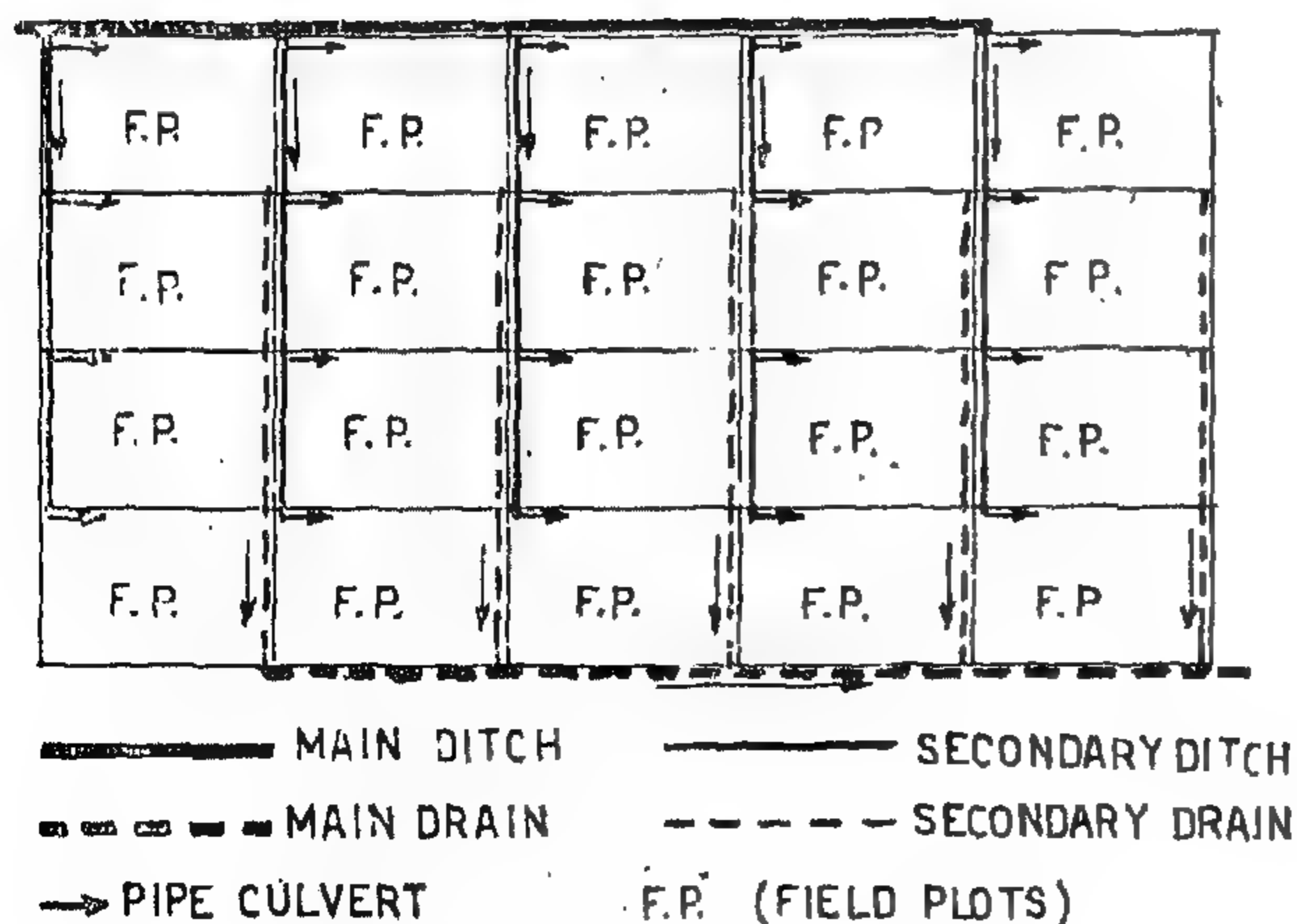
SAAD ZAGHLOUL HAMMAD, Ph.D.
Faculty of Engineering, Cairo University.

I.—Introduction:

The problem treated herein is a generalization of a practical problem dealing with the distribution of irrigation water in to field plots.

In the reclaimed farms of U.A.R., the irrigation water is distributed by means of main ditches that serves more than 100 feddans. Secondary ditches takes from the main and feed directly through pipe culverts the field plots.

The farm is divided into small plots varying from 3 to 10 feddans according to topography of the surface and the kind of soil. Figure (1) shows a layout of an irrigation system in a reclaimed farm. From the stand point of economy, the usual practice is to use the same secondary ditch for plots of nearly the same elevation.



IRRIGATION SYSTEM IN
A RECLAIMED FARM

FIG. - 1 -

Pipe culverts are embedded in the embankments of the secondary ditches. Its lengths vary from 5 to 10 metres.

It is a general practice that the farmer feeds his land by fully open the sluice of his pipe culvert. By this way, low fields get its water in a shorter time than high fields. Therefore, for the same period of feeding the low fields get more irrigation water. It results in not equitable share of water among different fields. The other alternative is to use weirs for distribution. However this method is rather expensive in relatively flat lands, due to the fact that it needs high water level in the irrigation net.

Control of water in the pipe culvert is therefore essential. An upstream gate in the culvert will maintain the safe water duty.

In order to calibrate the culvert under different gate openings, it is necessary to determine the amount of head lost due to partial closure of the gate and to include it in the general equation of flow for fully open culvert.

The characteristics of the flow in the culverts are very complicated because the flow is controlled by many variables, including the inlet geometry, roughness, approach and tailwater conditions. Hence an adequate determination of the flow through a culvert should be made by laboratory or field investigations.

Experiments have been made in this study to find out the pressure distribution in a model culvert and how it is affected by partial closure of the upstream gate. The

90 % of the research work is done at the production plant. Each plant has its own research centre. The work is, however, co-ordinated by the Swedish Iron and Steel Association in collaboration with the Swedish Iron and Steel Institute.

The following research centres were visited:

- Ore Research Institute, Prague.
- Mnisek Research Institute for Ferrous Technology, near Prague.
- Institute of Ferrous Technology, Gliwice, Poland.
- Institute of Coal Utilization, Zabre, Poland.
- Sandvikens Research Centre, Sweden.
- "MECHANOB" Ore Research Institute, Leningrad.
- "TSNILCHM" Central Research Institute for Ferrous Metallurgy, Moscow.
- "GIPROMEZ" Central Design Institute, Moscow.

In Romania, where lean ores and poor coking coals prevail, ore preparation and beneficiation as well as coke production from poorly coking coals, occupy the major part of research work.

In Czechoslovakia, research work on beneficiating lean non-magnetic ores is emphasized. Crushing, grinding, magnetic roasting and magnetic separation receive great attention as regards to technology and equipment.

In Poland, special attention is given to coal research. A great deal of work is carried out to investigate coking characteristics of coals and various methods to determine coke properties. Special techniques are developed for the production of metallurgical coke from non-coking coals by double carbonisation.

In Sweden, mining and ore dressing research has been responsible for the exploitation of their Arctic ore reserves. Research work has put into commercial operation such methods as the Wiberg for iron making and the Kaldo converter for steel making. In Domnarvet, some experiments are carried out to use the Kaldo converter for direct production of steel from ore without addition of pig iron. The quantity of carbon necessary for fuel and reduction is charged as coke breeze with ore concentrate to the iron in the con-

verter. The process utilises the combustion of CO with O₂ inside the converter. A great deal of research work, in Sweden, is directed towards metallurgical development. Various investigations are carried out in the fields of vacuum melting, non-metallic inclusions, grain refinement, powder metallurgy, etc., for the production of better quality steels and special purpose alloys.

In the USSR, the excellent performance of their blast furnaces is due to the great attention given to research work. Such research has established optimum conditions for burden preparation, fuel and oxygen injection, top pressure and furnace automation. Coke rates as low as 510 kg and a volume utilisation coefficient as high as 2 have been commercially obtained. Further research is carried to reach a coke rate of 300 kg. In the field of steel making, O.H. research has received much attention. This is due to the fact that the bulk of steel in the USSR is produced in O.H. furnaces. It was found necessary to develop the maximum productivity of the existing plants. Through the extensive use of oxygen it has been possible to obtain heat time of 160 minutes in commercial runs. Designers are actively working on developing charging and tapping facilities to cope with the increase in rate of production. Some sort of a steelmaking unit is conceived which combines the flexibility of O.H. and the productivity of L.D. with the utilisation of waste gases.

Direct reduction research is receiving much attention. A semi-pilot plant has been observed in operation for the direct production of steel from ore using natural gas, coal breeze and oxygen. Ore concentrates, together with coal breeze, are charged from the top of a shaft cyclone where preheating and reduction are performed. The reduced fines drop into a horizontal bath connected to the bottom of the shaft. The bath is fired with natural gas with oxygen and lime injection. The system includes various auxiliaries such as recuperators, filters, dust catchers, etc. Steel has been seen while being tapped at intervals from a notch in the bath bottom. The installation is conceived as a prototype for future direct steelmaking.

12 continuous casting installations, for commercial production, now running in the USSR.

The following particulars apply to the Nova-Tula installation:—

- Ladle capacity: 10 ton
- Number of strands: 2
- Casting time: 20-22 minutes.
- Casting speed:—
 - 150 × 150 Blooms: 1.5 m/min
 - 200 × 200 „ 0.8-1.0m/min
 - 150 × 620 Slabs: 0.5-0.7 m/min
- Daily output: 50 ton

The plant is of the semi-underground type with the following elevation levels:—

Mould top	+ 3 m
1st pair of pinch rolls	— 3 m
2nd pair of pinch rolls	— 8 m
Torch flame	—14 m
Horizontal roller table	—19 m
Total height of the machine	22 m.

The mould is pure copper, 15 mm thick which has an oscillating motion of 60 cycles/min. Kerosine is applied on the top of the mould to produce a protective atmosphere and to produce graphite for mould lubrication. The ladle is of the stopper type. The tundish has a 2 ton capacity having a high-alumina nozzle and a graphite stopper. The cooling zone, which is only 6 meters, is considerably short. This is due to the rather low casting speed. It has been, however, observed that, contrary to usual practice, the billet and slab corners are fully sharp and have no rounding. It is stated that this, in effect, accelerates corner cooling, which provides a strong support for the cast section.

The surface quality of the cast sections are extremely good. Some longitudinal and cross sections have been inspected and they showed good segregation and solidification characteristics.

Both killed and rimming steels are cast; rimming steels being cast at a reduced speed. The molten steel is provided from one 10-ton top blown oxygen converter. Starting is done by a dummy bar, ladle and tundish are pre-heated to 1000. °C. The cast blooms are transferred from the horizontal roller table (at -19 m) to ground level by means of a lift.

The economics of continuous casting have been debated with plant managers and engineers. The yield is significantly higher than conventional casting-rolling practice. An increase of 8-15 % in yield is well established. However, to decide for a 100 % teeming by continuous casting requires a thorough study, since this demands a higher level of labour alertness as compared with conventional practice.

The teeming time so far obtained in continuous casting is 50 min., although an optimum time of 30 min is recommended. To get the max. working time for the installation hence max. production per unit, it should be supplied from steelmaking facilities having a short tap-to-tap time, and flexible in their time schedule. In this respect, oxygen converters getting their iron supply from a mixer offer such requirements. To maintain continuous running of the plant, a minimum of two casting units are required to make synchronisation possible. The converter size will decide the ladle capacity. Since the ladle has to be emptied in a limited time, the size of cast section will decide the required number of strands. Although some continuous casting units have 8 strands, an optimum number of 4 strands should not be exceeded. A casting speed of 2 m/min is considered practical and does not require elaborate equipment or strict control. The ladle capacity has a marked effect on the initial cost of the plant.

(F) LABORATORIES AND RESEARCH

The technical progress achieved by the iron and steel industry in the countries visited would not have been obtained without consistent and extensive laboratory and research work. Research is being done at all levels of iron and steel making which includes raw materials utilisation, raw materials mining, coke production, iron ore preparation, iron and steel production, etc.

Except for Sweden, research work is carried out in specialised central institutes run by the State board of metal industries. The work is conducted in perfect collaboration with design institutes and production plants. In Sweden

steels while one slag practice for commercial steels. The following figures have been obtained for furnace performance :

Av. number of heats/day	4.2
„ power consumption/ton ingot	650-760 KWH.
„ electrode consumption/ton ingot	5-6 Kg.

Most of the furnaces, in particular larger capacity, are equipped with bottom induction stirring. Satisfactory results have been obtained by using this technique. Apart from getting a homogeneous bath, the stirring effect accelerates and improves the reactions between slag and melt. It has been thus possible to increase the depth of bath resulting in increased furnace output. In addition, induction stirring facilitates slag skimming by directing the induction flow towards the operating door. It is of interest to note that similar effects have been incorporated in two early designed furnaces operating in Domnervet. Each furnace is equipped with four electrodes to obtain better heat distribution and quicker reaction in the bath. Recently installed furnaces use, however, induction stirring.

Again, ladle degassing is practiced for melts intended for forging ingots. The ladle is degassed in a vacuum chamber operated by steam ejector.

Concerning furnace lining the following practice is used :

Roof lining: Silica. The life is 90-120 heats.

Wall lining: Either dolomite bricks or steel clad magnesite. Life varies according to steel produced. For carbon steels dolomite gives 100 heats while magnesite gives 200 heats.

Bottom Lining: Either dolomite bricks or rammed dry dolomite +20 % magnesite. Life varies from 100 to 260 for dolomite bricks and up to 500 for rammed bottom.

From economical considerations the tendency is towards the use of dolomite bricks for wall lining instead of steel-clad magnesite. The walls would have, more or less, the same life as for the roof.

An interesting practice, observed in the

USSR, is preheating the charge to a dull red heat prior to addition to the furnace. For this purpose the basket containing the charge is placed in a pit furnace, heated from the top. The furnace roof, which contains the fuel burner is of the swinging type. The hot gases pass through the charge and are exhausted to a stack connected to the bottom of the pit. Economy in power consumption, electrode consumption and lining are obtained. This is in addition to the appreciable reduction in melt down time. Besides, this treatment produced a clean and a better charge for the furnace.

(b) *Induction Furnace Practice :*

Mainly coreless-type furnaces are used with capacities up to 10 tons. Power up to 2500 KW is supplied at a frequency ranging from 750 to 600 cycles/sec. Furnace construction allows quick replacement for crucible relining. Rammed magnesite is used for lining; wall thickness is from 110 to 120 mm. The furnaces are used for quality steel making. The following figures have been obtained for furnace performance :

Av. time per heat 4 hrs

Av. power consumption/ton ingot 720-735 KWH

Av. crucible lining life 50-60 heats

The furnaces are cold charged. Extreme care is exercised in preparing the charge. Specially prepared ingots of 0.05 % C together with ferro-alloys are used for charging. These ingots are prepared in electric arc furnaces.

Vacuum casting is practiced for certain alloys. The ingot mould is clamped to furnace crucible and connected to a vacuum pump. Melting and pouring proceed under vacuum. Pouring is effected by subsequent tilting of the crucible-mould assembly.

(E) CONTINUOUS CASTING :

During the course of the tour, only one continuous casting installation, namely Novatula (USSR) was observed in operation. This plant is, in effect, a semi-commercial unit which is run by the central Research Institute of Ferrous Metallurgy, Moscow. The plant is in operation since 1953. The results obtained from the plant performance served to design

Due to the fact that the P content in Swedish ores is not high enough for the Thomas process, converter slag is charged back into the B.F. to get the desired P content in the pig-iron. This also makes the slag to have a higher P_2O_5 which brings a good market price as fertiliser.

The blown air is enriched with 30-32% oxygen. This makes the nitrogen content in the produced steel drop to a safe range of a max. of 0.006 %. The arrangements required for blast enrichment are rather simple and easy to install.

A considerable tonnage of the blown metal (up to 60 %) is transferred to 100 ton electric furnaces (duplex method) for the production of electric steels.

The average life for bottom with oxygen enrichment, is 60 blows, while the lining average life is about 300 blows. The lining, which is tardo-lomite, is either pressed blocks or rammed in situ.

(b) *Kaldo Converter* :

The well known 30 Ton Domarvet Kaldo converter was examined in actual production, during one complete heat, using high-phosphorous iron. The performance of the converter and details of the process were discussed—in full—with Mr. F. Johansson.

For detailed information of the process, reference should be made to the published extensive literature on the subject.

The converter has undergone further developments and is definitely gaining firmer grounds. Apart from better heat economy and great flexibility, in comparison with ordinary top blown converters, easy control of the process is effected through adjusting the vessel rotational speeds and the swinging motion of the oxygen lance.

Tap-to-tap time was 80 minutes and actual blowing time was 50 minutes; oxygen consumption 55 Nm³/ton steel.

Magnesite lining has been tried in place of dolomite without success. The present practice uses tardo-lomite and the lining life is now 90 heats. An extra, relined vessel is kept in reserve and about 90 min. are spent for

changing vessels. The vessel relining takes an average of 60 hrs.

The combustion of CO inside the converter was thoroughly examined and an average 75 % of the generated CO was burnt inside the converter, when cooling with pellets.

Steel quality is excellent, having good deep-drawing qualities, a high impact-ductility and good weldability. Silicon steels are successfully produced. Alloy steels are possible to produce using low-phosphorus iron.

The converter, nevertheless, suffers from the rather cumbersome mechanical parts. Although the wear in bearings, supporting wheels, etc. is negligible, the mechanical parts represent a large portion of the initial cost and a time loss for vessel changing.

3.—*Electric Furnaces* :

At present, about 50 % of the steel production in Sweden is made in electric furnaces. This is not confined to high quality steels, but includes about 25 % of the total production of commercial quality steels. However, with the constantly increasing cost of electric power, the general tendency in Sweden is to confine electric steel making to high quality steels, and to produce commercial qualities in oxygen converters, in particular by the Kaldo process, supplied from low coke rate blast furnace. By 1970 the percentage of electric steel is expected to represent 34 % of the total steel production, while oxygen converter steels will increase to 32 %.

The amount of electric steel produced in the USSR is less than 10 % of the total production.

(a) *Electric Arc Furnace Practice* :

The furnaces are generally of the swinging-roof type, some are of the gantry type, basket charged, having electrohydraulic regulation for electrodes. The capacity varies from 10 to 100 tons, the larger furnaces being used for refining liquid charges from converters. For cold charges, selected scrap and sponge iron produced by direct reduction methods (Wiberg) are used. In some plants oxygen lancing is practiced for decarburising ordinary steels, while in other plants pellets of concentrated ore are used for the same purpose. Two slag practice is used for quality

contributes greatly to the high productivity of the plant.

Large furnaces are tapped through bi-furcated launders and in some cases heats are split to two ladles by cascading. Tilting furnaces are used for the same purpose where crane capacity does not allow tapping the whole heat to single ladle. It usually takes a longer time to make all the refractory work for a launder of the bi-furcated type, which sometimes interfere with the tap-to-tap time.

The furnaces are generally overcharged, bath depth is increased by banking up the doors to a higher level. Efficient flushing system is used; in some cases both front and back flushing were resorted to. Tap-to-tap time is 6-8 hours for smaller furnaces and 9-10 hours for larger furnaces.

Various fuels are used, namely, oil, oil and natural gas, oil and mixed gas and producer gas. The highest production rates have been achieved with oil firing. It is agreed upon that lean mixed fuels cannot lead to high productivity without the use of oxygen. The thermal input per ton ingot varies from 0.8×10^6 to 1.5×10^6 Kcal.

The trend in most plants is towards the increased use of oxygen both for blast enrichment and for bath lancing. At Zaporozhatal (USSR), two lancing probes through the roof were in operation. They are used for a short period for elimination of carbon from the bath in low carbon heats. Maximum utilisation of roof oxygen probes is restricted by both the charging and tapping facilities employed in O.H. practice. In the same plant trials over short period, under close supervision, have obtained heat times as low as 2 hrs and 45 minutes. This proved the necessity of developing the auxiliary facilities to cope with such a high rate of production, in particular, for charging cold-stock and hot metal and fixing the bi-furcated launders. This should be expected for the O.H., which has a less dynamic nature, as regards productivity, when compared with oxygen converters. It should be mentioned that although for large

scale expansion, or new plants, oxygen converters are being considered, existing O.H. installations are, nevertheless, working hard to modify furnace design and practice to get the maximum productivity of O.H.

As regards to steel quality, it has been observed that killed steels are preferred for products requiring exacting properties. This is due to the fact that killed steel ingots give definite known rejections and are more or less guaranteed. Although semi-killed ingots have a better yield, yet a great deal of experience and control are required to obtain best yields. The general practice for pouring is that rimming steels are bottom poured while Killed Steels are top poured.

2.—Converters :

Four converter plants have been visited, namely :—

1. Kremikovtzi, Bulgaria, where three 100 ton top blown oxygen converters for the production of 1 million ton/yr, are of under erection. The entire project is designed by Gipromez.
2. Norrbotten, Sweden, where three 25 ton Thomas converters were observed in operation.
3. Domnarvet, Sweden, where four 28 ton Thomas converters and one 30 ton Kaldo converter were observed in operation.
4. Nova-Tula, USSR, where one experimental 10 ton top blown oxygen converter is tried. Unfortunately, this converter was not in operation at the time of the visit.

(a) Thomas Converters :

The following particulars apply to Thomas practice observed in Sweden.

Pig iron is supplied from conventional blast furnaces with the following analysis: C=3.6 %, Si=0.3—0.4 %, S=0.06—0.07 %, P=1.7-1.8 % and Mn=0.7-0.8 %.

or leakage of CO. The entire system is pressurized and equipped with various water seals, gas traps, etc. Few workers are allowed inside the plant; they are well trained and instructed against any possible danger. The operation of the plant is automatically controlled from a remote control-room. The reduced pellets are discharged into sealed containers, where they are stored till they cool down. This is to avoid any possible oxidation for the hot active sponge iron pellets. This represents, to a great extent, a serious handling problem which limits the production capacity of such plants.

The plant is stopped for repairs for one month every year. Starting is done by flushing the entire system with nitrogen. It takes one week to bring the system into normal production.

(D) STEELMAKING PROCESSES

1.—*Open Hearth.*

Except for Sweden, the open hearth dominates as a steelmaking unit in all the visited plants. Furnace capacities ranging from 50 to 500 tons were observed in operation. Most of the larger capacity furnaces are of the tilting type. The furnaces are of the all-basic construction.

The roofs are all of the arch type and are partially suspended. At the beginning the weight of the roof is carried by the arch. Suspension takes over when the roof gets thin and the strength of arch diminishes. No flat suspended roofs were observed in operation. Various methods of suspension are adopted. In some roofs each brick is individually suspended by a piece of wire to the top structure, in others only the rib bricks are suspended leaving the valley bricks unsuspended. In some roofs, four or five bricks are joined by pins through holes in the bricks. Every fifth brick is suspended by bending an extended cladding steel sheet over an angle—beam running lengthwise on the roof top. The latter system takes a shorter time to

install and is extensively used with great success. The roof life is comparable to the average good practice, i.e. 400 to 600 heats.

There is some sort of common practice adopted for bottom repairs. After the bottom is cleaned of all metal and slag by using compressed air (or oxygen) a single layer of magnesite powder is spread over the bottom, using a fettling machine, to the final contours with allowance for shrinkage.

The hearth is kept at a temp. of 1700°C for few hours and then mill-scale is spread all over to allow some liquid to accumulate which is drained out before charging. A salient feature which has contributed to improved bottom performance is the charging of iron ore as a protective layer on the hearth bottom prior to charging. Dolomite is used for routine fettling of banks only.

Hearth maintenance is conducted in the following manner. About 6 hours are allowed every 10 or 15 days for resurfacing. No extra time is taken except some 30 to 45 minutes every tap, for draining and minor fettling. The major part of fettling is done either before the furnace is tapped or during tapping.

A schedule is made for rebuilding the furnace which is adhered to even at the cost of some life left in the refractories. This is done to avoid rebuilding more than one furnace at a time. Generally the mid-campaign repair is done after 250 to 300 heats and the final rebuilding after an extra 250 heats; the whole campaign totalling 500 to 550 heats.

Wide variations in charge composition have been observed. Pig iron (either cold or hot) is added from 30 to 75 % of the charge. To facilitate cold-stock charging in the larger furnaces, two ground-type machines are used simultaneously. Both front and back-wall hot metal charging is practiced. Charging machines of both the ground and the overhead type are in use. Generally, charging machines, hot metal cranes and teaming facilities were amply provided almost to the extent of double the requirements in quantity. This

finer (6-12 mm) and small coke (15-40 mm) which cannot be charged in their blast furnace and to supply gas for heating purposes. It should be mentioned that the modern blast furnace is no more an adequate gas producer.

3.—*Direct Reduction Processes:*

The scarcity of coking coals and availability of unlimited reserves of iron ore have stimulated the development of direct reduction processes. The growing interest in this field has led to unlimited number of processes which are in different stages of development. During the course of the tour only two processes, namely the Krupp-Renn and the Wiberg-Soderfors, were observed in commercial operation. Bearing in mind that the blast furnace, in its developed state, constitutes without exception, the fundamental means for iron production, the practical use of direct reduction methods are so far limited to the following:

- (a) Concentrating high silica low grade iron ores by producing a product rich in metallic iron, using low quality coals.
- (b) Production of uncontaminated pure metallic iron from rich concentrates as a substitute for good quality scrap required for electric furnaces.

The Krupp-Renn plant at Ejpvovice, Czechoslovakia, has a production capacity of 250,000 tons of luppen per year. The ore used has the following analysis: Fe 24-30 %, SiO_2 30 %, Al_2O_3 15 %, CaO 5 %. Ore is crushed to -3 mm, coal and coke are crushed to -20 mm, and limestone is crushed to -3 mm. The raw materials are thoroughly mixed to a basicity of 0.2 to 0.22. Ten kilns 3.60 m outside diameter and 60 m length are used for reduction. The material is discharged from the kilns in the form of pasty lumps consisting of metallic iron and slag, which is quenched crushed and subjected to magnetic separation. The iron luppen have an average Fe 88 %, C 0.8-1.0 %, with S 1.5 %. Due to

their high sulphur content, the luppen are not suitable for direct steel making. Sizes above 10 mm are charged to the blast furnace, while smaller sizes are sent to the sintering plant.

The process suffers from frequent shut-offs during production. This is due to the formation of solid rings at the boundary of the reduction-nodulizing zones and the severe attack to which the refractories at the nodulizing zone is subjected. Out of the installed ten kilns, usually 6 to 7 kilns are in operation while the rest of the kilns undergo maintenance.

Another direct reduction plant which has been examined during the course of the tour, is the sponge iron plant in Sandviken. manufacture of sponge iron is performed according to the Wiberg-Soderfors process. The plant has been in continuous operation since 1952 and has a production capacity of 24,000 ton per year. The plant comprises a reduction shaft furnace, two coke carburettors and a sulphur filter, together with fans and blowers for gas circulation through the system. Pellets 30 to 40 mm diameter, made from fine concentrates, 66.5 to 67 % Fe, 0.006 % P, 3.2 % SiO_2 , are charged to the top of the furnace. At the lower part of the furnace the reducing gas enters the shaft and during ascending it meets the descending pellets and reduces them to metallic iron; the reduction is about 93.3 %. The product competes favourably, in price, with good quality uncontaminated steel scrap. The following consumption figures have been obtained:

Power consumption/ton	
sponge iron	950 Kwh
Coke consumption/ton	
sponge iron	140 kg
Natural gas/ton sponge iron	70 kg
Dolomite (raw)/ton sponge iron	67 kg
Electrode consumption/ton	
sponge iron	1.3 kg

Absolute care and precaution are practiced during plant operation, against explosion or CO poisoning. Charging and discharging is done without any possible introduction of O_2 .

All newly built furnaces are operated with high top pressure up to 2 atm. (USSR). This has contributed to reduced coke rates and increased furnace production. The furnace top is equipped with an electrically controlled throttling system. A three-bell system has been developed to cope with high top-pressure conditions, mainly abrasion of bell seats. Uniformity of charge distribution in the furnace is emphasized.

Under such conditions of maximum furnace utilisation, high blast rates and temperature have become necessary. Blast temperature of the order of 1200°C were observed in some plants. Carbon blocks are used for hearth and bottom lining. Bottom cooling is practiced in large furnaces. Air is used as a cooling medium; while some experiments are carried out using water cooling for bottom.

The application of modern control techniques has made possible the automation of furnace performance. All temperatures and pressures are automatically controlled and recorded. The use of radioactive isotopes is a common practice for indicating wear in furnace lining. It has been observed in newly built plants that only two operators are supervising the furnace performance. The tendency in furnace design is towards higher capacities. A 2000 m³ furnace has been observed in operation (Nova-Tula) while a project for a 2700 m³ furnace is in the design stage (Gipromez). Some typical performance figures for some of the examined blast furnaces are given in Table (3).

2.—*Electric Pig iron Furnace :*

Two furnaces of the Tysland-Hole type were observed in production at Norrbottens, Sweden. Each furnace is 13,000 KvA and use 3 electrodes, 1050 mm diameter, of the Soderberg self-baking type. Relevant data obtained for this plant is as follows :—

Average annual production	
per furnace	30,000 ton
Average daily production	
per furnace	100 ton

Inside hearth diameter	7800 mm
Distance from hearth bottom to skew-back	3500 mm
Electric power consumption per ton pig iron	2300 Kwh
Tap to tap time	5 hrs
Consumption of raw materials per ton pig iron :	
Ground fire clay brick	40 kg
Steel scrap	14 kg
Sinter 6 to 12 mm, 58% Fe (self-fluxing)	1450 kg
Coke breeze	230 kg
Small coke 15 to 40 mm	170 kg
Average Fe in burden	55%
Average electrode consumption	26 kg/ton
Slag volume	425 kg/ton

Pig iron analysis : Si 0.6 %, Mn 0.8-1.0 %, S 0.030-0.050 %, P 1.6-1.7 %.

Slag analysis : Ca O 38-42 %, Si O₂ 32-36 %, Al₂O₃ 11-13 %, MgO 7-8 %.

The generated gas is cleaned in dust catchers, then scrubbed and mixed with blast furnace gas for use in heating purposes in the works. The gas has a calorific value of 2300 kcal/Nm³; 500 Nm³ are generated for each ton of pig iron, having the following analysis : CO 70 %, CO₂ 14 %, H₂ 7.7 % and N₂ 8.3 %.

These furnaces were first tapped in 1943. The plant was part of a project conceived during wartime by the State to supply the country with commercial quality steels which were imported before the war. Planning considered minimum imports of coke. Further expansion in ironmaking has decided, however, for blast furnace. The general opinion is that the electric pig-iron furnace is not in a position to compete with a modern blast furnace, making iron with less than 600 kg coke-rate. The electric furnaces in Norrbottens, serve at present, two main purposes which contribute to the overall economy of the entire works, namely, utilisation of sinter

TABLE (3)—BLAST FURNACE PERFORMANCE

Plant	Working Volume m ³	ton Production per day	Util. Coef. of Vol.	% Sinter	% Fe in Sinter	Blast temp. C	Coke rate Kg	Slag Volume Kg	Top Press. Atm.	REMARKS
Rechitsa	700	800	1.15	50 %	46	850	860	1000	0.3	N. Gas 80 Nm ³ /ton P.I.
Houedaira	700	860	1.23	90 %	48	860	750	900	0.2	N. Gas 95 Nm ³ /ton P.I.
Pernick	250	320	1.39	90 %	47	750	850	850	0.7	No fuel injection.
Trinec	1033	1380	1.33	70 %	46	900	750	950	0.8	Oil injec. 50 Kg/ton P.I.
K. Cottwald	1080	1250	1.16	60 %	48	820	870	800	0.8	Oil injec. 30 Kg/ton P.I. Steam 75 Kg/ton P.I.
H. Lenina	1719	2100	1.22	85 %	44	950	760	700	1.2	No fuel injection.
H. Kosciusko	769	870	1.13	70 %	46	775	930	980	0.4	Steam 70 Kg/ton P.I.
H. Beirut	863	980	1.14	80 %	45	750	835	1100	0.35	No fuel injection.
Surahammer	95	135	1.43	100 %	58	450	650	400	0.15	Iron desulpherised in a rotary drum with lime.
Norbotten	840	1100	1.28	100 %	56	920	560	350	0.3	Min-sinter size +20 mm.
Domnarvet	250	400	1.6	100 %	58	900	600	400	0.2	Phosphoric Sinter.
Oxelosund	723	1300	1.8	100 %	60	950	560	400	0.2	Oxygen injection.
Zaporozhstal	1513	2300	1.52	100 %	48					N. Gas injection 75 Nm ³ /ton P.I.
"	1300	1920	1.48	100 %	48	1100	570	800	1.6	Oxygen 20 Nm ³ /ton.
"	1300	1900	1.46	100 %	48					Sinter basicity 1.12
"	1386	2080	1.50	100 %	48					
Rustavi	750	1100	1.46	80 %	48	950	640	700	0.4	N. Gas 90 Nm ³ /ton. Sinter Basicity 1.6.
Nova-Tula	2000	3400	1.79	100 %	52	1200	580	700	2	N. Gas 100 Nm ³ /ton. Sinter Basicity 1.3.

stampers pack the coal charge in the mould into a cake having a density of about 1000 kg/m³. This bulk density is 25 % higher than the usually obtained in conventional top-charging; which is about 800 kg/m³. The stamping operation lasts about 20 minutes; the cake is then side charged to the carbonising chamber using the pusher. Despite the high initial cost for equipment, as compared with top-charging process, the stamping process is considered to be essential for successful results.

Semi-coke production has been observed in Romania and Poland. The idea is to produce a low V.M. coal by low temperature carbonisation, of 500 to 700°C. The produced semi-coke is either added in a proportion of up to 10 % to the coal mix, or subjected to briquetting four double carbonisation. Briquetting is carried out at a pressure of 300 to 400 atm., using tar as a binder. The briquettes are finally hardened at 200 to 300°C in an oxygen-enriched atmosphere. These briquettes have good strength, and have been quite successful in cupolas and as part of blast furnace coke charge. They are not, however, suited to replace the entire coke charge in the furnace.

As regards to oven design, the ovens in Romania and Bulgaria are of the Giprocok design incorporating the gas recirculating feature, while those in Poland, Czechoslovakia are of the Otto, Koppers and Giprocok design. Most of the ovens have a width of 45 cm.

(C) IRONMAKING PROCESSES

1.—*Blast Furnace* :

A fundamental practice observed in the visited plants is the extreme care exercised in the preparation of blast furnace charge, which is reflected favourably in low coke rates and maximum utilisation of furnace volume.

Extensive use of well prepared self-fluxing sinter is practiced. The minimum size of charged sinter is 12 mm. The use of sinter having basicity of 1.4 to 1.6 prevails.

Such super-fluxing sinter provides complete calcination and eliminates solution losses which results in high reducibility. With the use of 100 % super-fluxing sinter, furnace charging practice has undergone a fundamental change. There is only one single prepared burden. The blast furnace plant has become an integral part with the sintering plant in such a manner that the furnace can be directly charged from the sintering plant, using belt-conveyors instead of conventional skip hoists and scale car. Such method of charging has been observed in two plants; making use of the small relative difference in levels between the discharge end of the sintering plant and the furnace top. The furnace top has been modified to cope with the new charging technique.

Coke is handled with great care; mostly by belt-conveyors. It is screened to +40 mm prior to charging in the furnace. Generally the coke used has an ash content of 11 % to 14 % and a Micum index of M40 : 70 % and M10 : 10 %.

Fuel injection is widely practiced in most of the visited plants, except in Sweden. Natural gas is used in Romania and the USSR, being available in abundance. The average gas consumption per ton pig iron is around 80 Nm³. The saving in coke is of the order of 1.2 kg/1 Nm³ gas. Oil injection is used in Czechoslovakia at the rate of 30 to 50 kg/ton pig iron. Coke saving is of the order of 2 kg coke/1 kg oil.

Oxygen injection has been observed in operation. The furnace blast is enriched with oxygen by 3 to 4 %. An average oxygen consumption of 20 Nm³ per ton pig iron was observed in the USSR. The results obtained indicate that 1 % oxygen would give an increase of 3 % in furnace production.

Humidity control, by means of automatically controlled steam injection in the blast is practiced in some plants in Poland and Czechoslovakia. It is used to provide uniform operating conditions which allows better control for furnace performance.

strong, the concentrates must be ground to a specific surface of 1800 cm² per gram, and mixed with lime of -0.1 mm size. There are still certain limitations to produce pellets having sufficient basicity to desulphurise pig iron, when using coke having a high sulphur content. The general opinion held among research workers and plant operators, concerning the use of pellets for blast furnace burden may be summed up as follows:—

1.—The uniformity in shape and size for pellets provides the most efficient conditions for blast furnace performance.

2.—Pellets could be transported and stored with minimum handling losses.

3.—Self-fluxing sinter having average Fe content, gives better furnace performance than non-fluxing pellets having a high Fe content.

4.—The limiting factors for producing self-fluxing pellets are purely economical. The use of these pellets in blast furnace requires coke having very low sulphur and ash content.

5.—Recent development in sintering practice, such as multi-layer sintering, pre-pelletising of fine concentrates and increase of band speed, have increased the production efficiency and capacity of sintering installations. The use of self-fluxing sinter in blast furnace does not impose severe restrictions on coke quality.

(B) COAL AND COKE

One of the main fields covered by the tour was the observation and investigation of processes being used towards the maximum utilisation of poorly coking coals for the production of blast furnace coke. In greater or lesser degree, the lack of good coking coals is a problem affecting many countries. In effect, out of the six visited countries, only two can be said to have rich reserves of good coking coals; namely Czechoslovakia and the USSR. Poland, while possessing extensive

coal reserves and a flourishing coal mining industry, has to resort to import some coals for blending purposes. Bulgaria and Romania lack good coking coal, Sweden, on the other hand, has no coal. All Swedish plants import coke, except one plant is Oxelosund where a blend is made of imported coals.

The conditions just mentioned, have stimulated a great deal of research towards trying to obtain suitable coke from poorly coking coals and even from non-coking coals. The processes and methods to achieve the maximum utilisation of available poor coals, which have been observed during the tour, include blending, increase of bulk density by adopting the "stamping" technique, addition of semi-coke to the coal charge and double carbonisation.

Coal blending is a common practice in all plants visited. Polish practice prescribes the use of up to nine different types of coals, domestic and imported, with a wide volatile matter content; from 15 to 35 %. A similar practice was found in Romania where the blend contained seven types of coals. In Czechoslovakia, the "sharpening" technique of blending is advocated. This method consists in blending coals of extremely opposite volatile characteristics. In general, the average V.M. content of the coal blends was found to be 28 to 30 % (dry basis) and the coke "Micum" indices were M40=60–72 % and M10=8–10 %.

In the USSR, with rich resources of good coking coals, the conventional top-charging process is followed. With the exception of the USSR and Sweden, all the visited plants employ the "stamping" process for treating their weakly coking coals blends. The "stamping" process essentially consists in introducing the coal charge from the pusher side of the coke oven in a cake form. For this purpose, the regular pusher machine has an additional section designed for bins which drop the required quantity of finely ground coal, 90 % -3 mm, into a mould similar in section and length to the coke oven carbonising chamber. A set of mechanically operated

Extreme care is taken in the preparation of charge for sintering. The ore is stored in open yards where it is blended to obtain a physically and chemically homogeneous material. The ore is normally crushed to -3 mm. Coarser ores -12 mm are, however, used in some plants while the trend in modern plants is to use 1 to 1.5 mm. The crushed ore is transported to storage bunkers from which it is fed to belt conveyers. Blast furnace dust together with sinter returns are also added. The quantity of feed is carefully controlled by special metering devices operated by photo-cells. Coke or coke-breeze is crushed to -3 mm and stroed in bins. In some plants, part of the required coke is replaced by anthracite coal up to 30 %. The amount of added coke varies with the charge composition; a typical value of 80 to 90 kg/ton was observed. Limestone is crushed to -3 mm. In some plants, 1 to 2 % burned limestone is added which gives better bond strength and minimises sinter returns. The quantity of limestone required for the charge depends upon ore and coke composition. The basicity varied from 0.9 to 1.3 and in some plants it reaches 1.6. The general trend is towards higher basicity in sinter.

In an attempt to improve sinter quality, multi-layer sintering has been developed. The upper layers have a higher coke content than the lower layers. This results in better sinter quality and fuel economy. In addition the production rate per unit area has been increased to 65 % and the percentage of returns has been greatly reduced.

Small size sinter, -10 to -12 mm, is not proper to use in the blast furnace. It is returned to storage bunkers and added to the sintering charge. The percentage of these returns ranges from 25 to 35 %. Much work is carried out to minimise the percentage of returns.

Research institutes in cooperation with steel plants are constantly working to attain improved technology and better economy. Research work in charge preparation has produced noticeable improvement in the quality

of sinter as regards reduceability, bulk density and crushing strength. To minimise the high rate of wear for the sintering band links, high chrome iron, 17 % Cr, is used which resulted in life increase for the band by 7 to 8 times. Worn out elements are melted for the manufacture of new elements with a metal circulation loss of 15 %. Great efforts are done to overcome dust arising from moving conveyors, which represents a great source of danger for plant operators.

There is some sort of common practice adopted for maintenance work. The plant is shut off for 12 hours fortnightly for repairs and replacements of worn-out parts. Once every year the plant is shut off for 10 days for complete overhaul.

Storage of sinter is practiced in some plants, for a maximum period of two weeks. Stored sinter suffers from fines arising from handling. The situation becomes more difficult with increased sinter basicity.

Fine concentrates, -0.07 mm, obtained from wet magnetic separation, are not suitable to charge on sintering bands. Such fines are agglomerated by pelletising. Interest in pelletising has been stimulated by the constantly increasing production of these fine concentrates resulting from beneficiating difficult domestic ores.

Two pelletising plants were visited in Sweden which produce non-fluxing pellets from magnetite concentrates having 67 to 70 % Fe. The pellets are 30 to 40 mm diameter. Pelletising is carried out in two cylindrical drums in series. Binding material is either iron sulphate or calcium chloride up to 1 %. The pellets are roasted in oil-fired shaft furnaces. The production capacity of each line is relatively low; in the order of 10 ton/hour. The produced pellets are used in direct reduction plants (Wiberg) for the production of sponge iron and for cooling purposes in converters and electric furnaces. The pellets are not charged in blast furnaces.

Much work is done to develop self-fluxing pellets. If such pellets are to be sufficiently

TABLE (2)—SINTERING PLANTS.

Plant	Capacity	Equipment	Raw Materials				REMARKS
			% Fe In Ore	% Coke	% Limestone	Basicity	
Rechitsa	2500 Tons/day	75 m ² sintering	—	7-8	30-35	1.1	Lime, Coke and ore — 3 mm.
Hounedoira	1 Million ton/yr	2 bands — 50 m ² each. Width of bands 2 m, speed 2 m/min, Suction Fan Capacity 3500 m ³ / min.	56	8-9	20	0.9-1.1	Ore size -5 mm return fines = 35 % 48 % Fe in sinter.
Lenin Works	1.2 ton/m ² /hour	1 band 50 m ² , Suc- tion 800 mm w.c.	58	—	9-10	1.0	Fuel = 70 % Coke and 30 % An- thracite Coke and Limestone 3 mm size -12 mm Return Fines = 30 %, 47 % Fe in Sinter.
Kremikovzki	—	2 bands 75 m ² each.	48	—	—	—	Recovery of Lead from fumes. Under construction.
Trinec	2200-2500 tons/day/ band	2 bands 75 m ² each 2.2 m wide	50-52	7-9	18-20	1.0	Sinter 46 % Fe return fines = 25 % of +10 mm. Limestone bedding on band.
Klement Gottwald	6800 tons/day	3 bands 75 m ² each	50	5-6	18-20	1.0	No Cooling 48 % Fe in Sinter.
Huta Lenina	—	6 bands 60 m ²	—	—	12	1.0	Krivoy Rog Ore. 46 % Fe in Sinter.
Huta Bieruta	1 million tons/yr.	2 bands 50 m ²	—	—	—	1.1	45-46 % Fe in sinter.
Surahammar	80,000 tons/yr.	Pan type	63	4	20	1.3	58 % Fe in sinter 2 operators only in plant.
Norbotten	700,000 tons/yr.	10 pans-10 tons each.	57-65	4	—	1.2-1.3	25 min. sintering time. 55-59 % in sinter. +18 mm sinter to blast furnace, 6-18 mm to electric pig iron, -6 mm returned. 25 30 % return.
Domnarvet	1,000,000 tons/yr.	Pan type	62-65	—	—	Self Fluxing	60 % Fe in sinter.
Zaporanzhstal	16,000 tons/day 5.2 million tons/yr.	6 bands-62.5 m ² Suction 1000 - 1100 mm w.c.	52-62	7-8	23-6	1.12	47 % Fe in sinter Conveyor speed = 3-3.5 m/sec. Plant remodelled to increase output from 9,000 to 16,500 t/day by increasing band area from 50 to 62.5 m ² . Burnt lime added.
Tbilisi	940,000 tons/yr.	2 bands 50 m ² , band speed = 3 m/min Suction = 800-1000 mm w.c.	52-56	—	—	1.5-1.6	48 % Fe in sinter Return fines 25 %.

III — GENERAL FINDINGS

(A) ORE PREPARATION

1.—*Beneficiation* :

The trend observed in all the visited countries was towards massive capital investment for beneficiating domestic ores. The average Fe content in these ores varies from 63 % to as low as 26 %. A great deal of research work is carried out to develop the most economical methods for concentrating each type of ore.

The purpose of ore beneficiation is not only to increase the Fe content in the ore but also to decrease the silica content. In countries having fairly lean ores, the latter has been responsible for the excellent performance of their blast furnaces. During B.F. production runs, for the last 5 years, it has been established that a decrease of 1 % silica in burden, with a corresponding increase in Fe, cuts down the coke consumption by 1 to 2 %. While this increases the cost of one ton ore by 1 to 5 %, it lowers the production cost of one ton pig iron by 8 to 12 %. Meanwhile, for rich ores, an increase of 1 % Fe content over 65 % reduces coke consumption by 3 % and increases furnace production by 3 %. This has made ore beneficiation to be a necessity. It is almost agreed upon that optimum beneficiation for average ores should aim at the production of concentrates having not less than 60 % Fe and 5-8 % silica, with variation in content less than ± 1 %. Such conditions are possible to achieve by applying modern techniques.

Several plants treating various types of ores have been examined. The methods used for ore dressing and concentration varied according to ore characteristics. Generally the ore is crushed in several stages depending on its microscopic structure and subjected to various treatments such as hand picking, gravity separation, magnetic separation, magnetic roasting, floatation, filtration, etc.

It has been observed that much attention has been given to concentrating weak magne-

tic ores. High intensity wet magnetic separation has been developed but is still limited by its low production rate up to 5 ton/hour. Magnetic roasting in rotary kilns, shaft furnaces and fluidised beds is adopted for large scale production. Very recently, some new floatation techniques have been put into operation, with very good results, for concentrating weak magnetic ores on a large production scale.

Great efforts are being made to improve equipment performance and production capacity. The general trend is towards automation for various phases of production. A typical example is Malmerget plant, in Sweden, which is a fully automated installation. With the application of modern control techniques, variations in production quality are maintained within very narrow limits.

2.—*Agglomeration* :

The highest production rates and most economical results were observed when charging agglomerates instead of lump ore. All the visited plants use sinter in the blast furnace burden in varying proportions and most of them are working towards a $100 \pm$ sinter by expanding their existing sintering installation. It has been observed that sintering is not confined to fines of concentrated lean ores but rich lump ores are also crushed and then sintered. Apart from higher productivity and lower coke rates, the use of 100 % self-fluxing sinter results in simplified charging.

Typical characteristics of the sintering plants, which have been visited, are given in Table (2). Two types of sintering equipment were observed in operation, namely the continuous moving band type and the pan type. The former is used for higher production outputs. The area of the sintering band varies from 50 to 75 m². It has been stated that, in the USSR, bands of 200 to 250 m² are in operation. Band capacity has been increased to 1.5 ton/m²/hour.

TABLE (1) *Cont.*

Plant	Products	Ingot Production ton/year	Iron Production ton/year	Ironmaking Facilities	Steelmaking Facilities	Staff
Huta Bieruta (Poland)	Coke and by-products Foundry iron. Medium and light sections. Seamless.	650,000	660,000	2 B.F. 863 m ³ each.	8 O.H. 6×80, 3×60 ton.	8,000
Surahammer (Sweden)	Transformer sheets. Railtrack rolling stock. Permanent magnets.	45,000	130,000	1 B.F. 95 m ³ .	1 Basic O.H. 35 ton 1 Acid O.H. 28 ton 3 E.F. 1×25, 1×20 & 1×5 ton. 1 Induction furnace 8 ton.	1,500
Norrbotten (Sweden)	Blooms, billets, heavy and medium sections of plain carbon steels.	450,000	420,000	1 B.F. 840 m ³ 3 Tysland - Hole elec- tric Pig-iron furnaces 25 tons each.	3 Thomas converters 25 ton each. 5 E. Furnaces for duplexing.	2,600
Sandviken (Sweden)	Seamless tubes, cold rolled strips and wires of alloy steels. Carbide tips, rock drills, etc.	24,000	125,000	1 Wiberg-Soderfors sponge-iron plant.	1 Acad O.H. 50 ton 3 E.F. 16, 32 & 14 ton 2 Induction furnaces 6 and 9 ton.	8,000
Domnarvet (Sweden)	Heavy, medium and light sections. Plates, sheets and wires of commercial steels.	620,000	860,000	4 B.F. 3×250 m ³ and 1×285 m ³ . 2 Tysland-Hole furna- ces 25 ton each.	4 Thomas converters 28 ton each. 1 Kaldo converter 30 ton. 5 Electric furnaces 2×35 and 2×100 ton.	4,400
Zaporozhstal (USSR)	Sheets, cold formed profiles.	3,000,000	3,200,000	5 B.F. 2×1513 m ³ 2×1300 m ³ & 1×1386 m ³	12 O.H., capacity 250 to 500 ton.	20,000
Rustavi (Tbilisi, USSR) Nova-Tula (USSR)	Seamless pipes. Plates and wires. Research plant. Pig iron. Blooms of conti- nuously cast steel.	650,000	800,000	2 B.F., 750 m ³ each. 3 B.F. 1×930 m ³ 1×1386 m ³ & 1×300 m ³	8 O.H. 150 ton each. 1 O.H. 10 ton 1 E.F. 3 ton. 1 Oxygen converter 10 1 Continuous casting machine.	12,000

TABLE (1)—VISITED PLANTS.

Plant	Products	ton/year Production Iron	Ingot Production ton/year	Ironmaking Facilities	Steelmaking Facilities	Staff
Rechitsa (Romania)	Plates, Medium and heavy section, foundry iron	600,000	550,000	2 B.F. 700 m ³ each.	5 O.H. 3×125, 2×180 ton.	9,000
Hunedoara (Romania)	Coke and by-products Heavy, medium and light sections.	950,000	1,500,000	6 B.F. 3×214 m ³ 1×300m ³ , 1×450 m ³ and 1×700 m ³ .	7 O.H. 3×200, 1×350 & 3×400 ton. 2 E.F. 20 ton each.	18,000
Pernik (Bulgaria)	Medium Sections, Plates and Sheets.	230,000	420,000	2 B.F. 250 m ³ each	6 O.H. 4×70 & 2×50 ton	7,000
Kremikovzki (Bulgaria) Under construction	Coke and by-products. Medium and light Sections, plates and sheets.	1,120,000	2,265,000	2 B.F. 1033 m ³ each	3 Basic oxygen converter-	16,000
Trinec (Czechoslovakia)	Heavy, medium and light sections. Strips and wires. Railtrak equipment. Heavy casting and forgings. Cement.	1,600,000	2,000,000 (includ. castings)	6 B.F. 1×350 m ³ , 2×470 m ³ , 2×723 m ³ , 1×1033 m ³ .	20 O.H. Furnaces. 7 Electric Furnaces.	18,000
Klement Gottwald (Czechoslovakia)	Seamless and welded pipes. Plates and strips. Heavy forgings.	1,800,000	2,500,000	4 B.F. 1080 m ³ each	10 O.H. 4×200 & 6×400 tilting.	21,200
Ejpvic (Czechoslovakia)	Luppen.	250,000		10 Rotary Kilns, 3.60m. diameters and 60 m. length using Krupp-Renn process.		
Huta Pokoj (Poland)	Medium and light Sections. Plates and sheets.	500,000	550,000	4 B.F., 2×370 m ³ , 1×364 m ³ and 1×484 m ³	8 O.H. 2×125, 3×70 & 3×50 ton.	7,000
Huta Lenina (Poland)	Plates, sheets and welded pipes.	1,800,000	2,200,000	4 B.F. 2×1033 m ³ 1×1360m ³ & 1×1719m ³	9 O.H. 6×375, 3×185 ton	18,000
Huta Kosciusko (Poland)	Medium and light Sections. Wires. Foundry iron.	760,000	525,000	3 B.F. 1×483 m ³ and 2×769 m ³ .	7 O.H. 2×60, 1×100, 1×80, 2×50 ton.	7,000

America. The participants assembled in Moscow on August 9, for general discussion. The tour started in Bucharest on August 12. During the course of the tour, the group visited four iron mines, twelve ore preparation plants, eighteen iron and steel plants, and seven research and design institutes.

This report is based on data provided by the iron and steel authorities of the host Governments, information recorded from running installations, and discussions with the managers and specialists at the visited plants and institutes.

II — GENERAL INFORMATION

General information regarding the visited plants is given in Table (1). The following is a general survey for the iron and steel production in the host countries.

ROMANIA (population 18.6 mil.):

—Production figures (1961):

Iron ore mined	1,737,000 ton
Raw coal mined	8,704,000 „
Coke	940,000 „
Pig iron	1,099,000 „
Steel ingots	2,127,000 „
Solid rolled products	1,520,000 „
Steel tubes	400,000 „

—Number of persons employed in the iron and steel industry including mining of ores 60,000.

—Average annual rate of growth for the industry (1951-1961) 14.5 %.

BULGARIA (population 8 mil.):

—Production figures (1960):

Iron ore mined	188,000 ton
Raw coal mined	17,100,000 „
Pig iron	191,000 „
Steel ingots	253,000 „
Finished rolled products	193,000 „

—Number of persons employed including mining of ores 16,000.

—Average annual rate of growth (1940-1960) 22.5 %.

—Planned annual rate of growth (1960-1980) 38.5 %.

The production of steel per capita will increase from 32 kg in 1960 to 175 kg in 1965 and to 590 kg in 1980. A 3 million ton plant is already under construction in two stages. The first stage, to be finished in 1964, will produce 1,265,000 ton ingots. The second stage will be achieved in 1968.

CZECHOSLOVAKIA:

—Production figures (1961):

Iron ore mined	3,294,000 ton
Pyrite concentrates	369,000 „
Manganese ore	101,000 „
Manganese ore	101,000 „
Ferroalloys	117,000 „
Steel ingots	7,043,000 „
Solid rolled products	4,672,000 „
Steel tubes	742,000 „
Plates and sheets	895,000 „

POLAND:

—Production figures (1961):

Coal production	100,000,000 ton
Coke	12,500,000 „
Ingot	7,500,000 „

—Number of persons employed 165,000.

—Planned steel production by 1980 24,000,000 ton.

SWEDEN:

—Production figures (1961):

Iron ore mined	22,300,000 ton
Iron ore exports	20,265,000 „
Coal and coke are imported	
Pig iron	1,761,400 ton
Sponge iron	155,000 „

—Increase in steel production is planned to reach 4,500,000 by 1965 and 5,500,000 by 1970.

USSR:

—Production figures (1961):

Raw coal mined	513,000,000 ton
Pig iron	50,900,000 „
Steel ingots	70,700,000 „
Rolled products and forgings	65,000,000 „

— Increase in steel production is planned to reach 145,000,000 by 1970 and 250,000,000 by 1980.

IRON AND STEEL STUDY TOUR IN EUROPE

By

S. A. BAYOUMI, Ph. D.

*Ass. Prof. Production Engineering Dept., Cairo University,
Technical Consultant, Egyptian Gen. Organisation for
Metallurgical Industries.*

SUMMARY

The tour has been organised by the United Nations Department of Economic and Social Affairs, through the Economic Commission for Europe, to assist economically developing countries in facing their problems in the iron and steel industry. During the course of the tour, four iron mines, twelve ore preparation plants, eighteen iron and steel plants and seven research and design institutes were visited. General findings as regards ore beneficiation, agglomeration, coal and coke, iron making processes, steel making processes laboratories and research are reported. The importance of ore preparation is emphasized for iron making. Successful methods have been developed to obtain suitable coke from poorly coking coals. The blast furnace, in its present developed state constitutes, without exception, the fundamental means for iron production. Through the extensive use of oxygen, existing open hearth plants have increased their production. For large scale expansion, or new plants, oxygen converters are emphasized.

1 — INTRODUCTION

Studies made by various organs of the United Nations have drawn attention to the special problems affecting the establishment and expansion of the iron and steel industry in economically developing countries. To assist these countries in facing their problems in the iron and steel industry, the United Nations Department of Economic and Social Affairs organised a study tour of iron and steel plants in Romania, Bulgaria, Czechoslovakia, Poland, Sweden and the USSR for a group of experts from Africa, Asia and Latin America.

The scope of the study tour, as determined by the U.N. Technical Assistance Office, is to examine manufacturing processes for iron and

steel, particularly those which do not require high-grade coking coals, or those which can utilise low-grade ores. The main subjects covered by the tour include :—

- A.—Ore preparation ; beneficiation and agglomeration.
- B.—Production of coke from low-grade and non-coking coals.
- C.—Manufacture of pig iron.
- D.—Steelmaking processes.
- E.—Continuous casting.
- F.—Laboratories and research.

The group was made up of members of the engineering profession representing the governments of fourteen countries ; three from Africa, six from Asia and five from Latin

References:

1. *Draft Specifications for loads and forces for the design and construction of steel structures*. Appendix II of the 1960 Annual Report Building Research Centre—U.A.R.
2. *Draft Code of Practice for the use of Reinforced Concrete in Buildings*. Appendix II of the 1960 Annual Report of the B.R.C., U.A.R.
3. *Draft Code of Practice for the use of Prestressed Concrete*, Appendix II of the 1960 Annual Report of the B.R.C., U.A.R.
4. *General Specifications for the Design of Works*, issued by the Railways Department, 1955—U.A.R.
5. R. H. Evans, E. W. Bennet, *Prestressed Concrete, Theory and Design*, Chapman and Hall, 1958.

$$\frac{Z_2}{A} + \frac{Z_2 f_{cw}}{R_o P_t} - \frac{Mw}{R_o P_t} \quad (d)$$

$$< \frac{.28}{.69} + \frac{.28 \times 1100}{.85 \times 284} - \frac{Mw}{.85 \times 260}$$

$$< + .892 - \frac{Mw}{240}$$

These relations apply for the whole length of the beam since the section is constant so that conditions (a) and (c) are seen to be the governing conditions.

The limiting zone within which the cable must lie can now be plotted. This zone is narrowest at the midspan section where:

$$- .486 - \frac{75}{284} < e_s < .204 - \frac{207.5}{240}$$

$$- .486 - .265 < e_s < .204 - .862$$

$$- .751 < e_s < - .685$$

$$\text{at support} - .486 < e_s < .204$$

Ultimate bending Resistance

Assuming that the centre of compression lies at 5 cms from the topmost fibre

The ultimate moment of cables
 $.384 \times 70 \times 15 (1.20 - .05 - .10) = 422 \text{ m.t.}$
 remaining moment $445 - 422 = 23 \text{ m.t.}$ is taken care of by extra ordinary mild steel bars, the yield stress of which is 3000 kg/cm^2

$$A_s \times 3.0 (1.20 - .05 - .05) = 23$$

$$A_s = \frac{23}{3.3} = 7 \text{ cm}^2 \text{ or } 4 \Phi \frac{5}{8}''.$$

The ultimate shear resistance

is given by ⁵

$$V_u = b_w a_{sh} C_t \sqrt{1 + \frac{f_h}{C_t}} + R_o P_t \sin \Theta$$

Where a_{sh} = shear moment arm

$$= \frac{I}{S} \text{ where } S \text{ is the statical}$$

moment of the part of section above point about c.g.

and I = moment of inertia of section

$$f_h = \frac{\text{Effective prestress. force normal to Sec.}}{\text{area of section}}$$

Θ = angle of inclination of cable with the horizontal

from which the shear resistance may be plotted against required shear strength of the beam.

The section at support is increased to 50 cms in width for a distance allowing for distance allowing for greater resistance and adequate anchorage of cables.

Figures 32 and 33 give bending moments of resistance, cable profiles and position of cables in elevation and end views.

4. Summary and Conclusions.

This paper offers alternative designs for road bridges that could be incorporated in irrigation works. It is felt that with the rapid development in the techniques and practice of both reinforced and prestressed concrete, the designer for road bridges connected with irrigation works should not limit himself to classical spans and systems. He should try to make use of ideas and systems such as those given in this paper bearing in mind that his chosen system does not interfere with the hydraulics of irrigation works. The three detailed examples given show how the chosen types are solved. Stress is made in each example to illustrate a different aspect of the design.

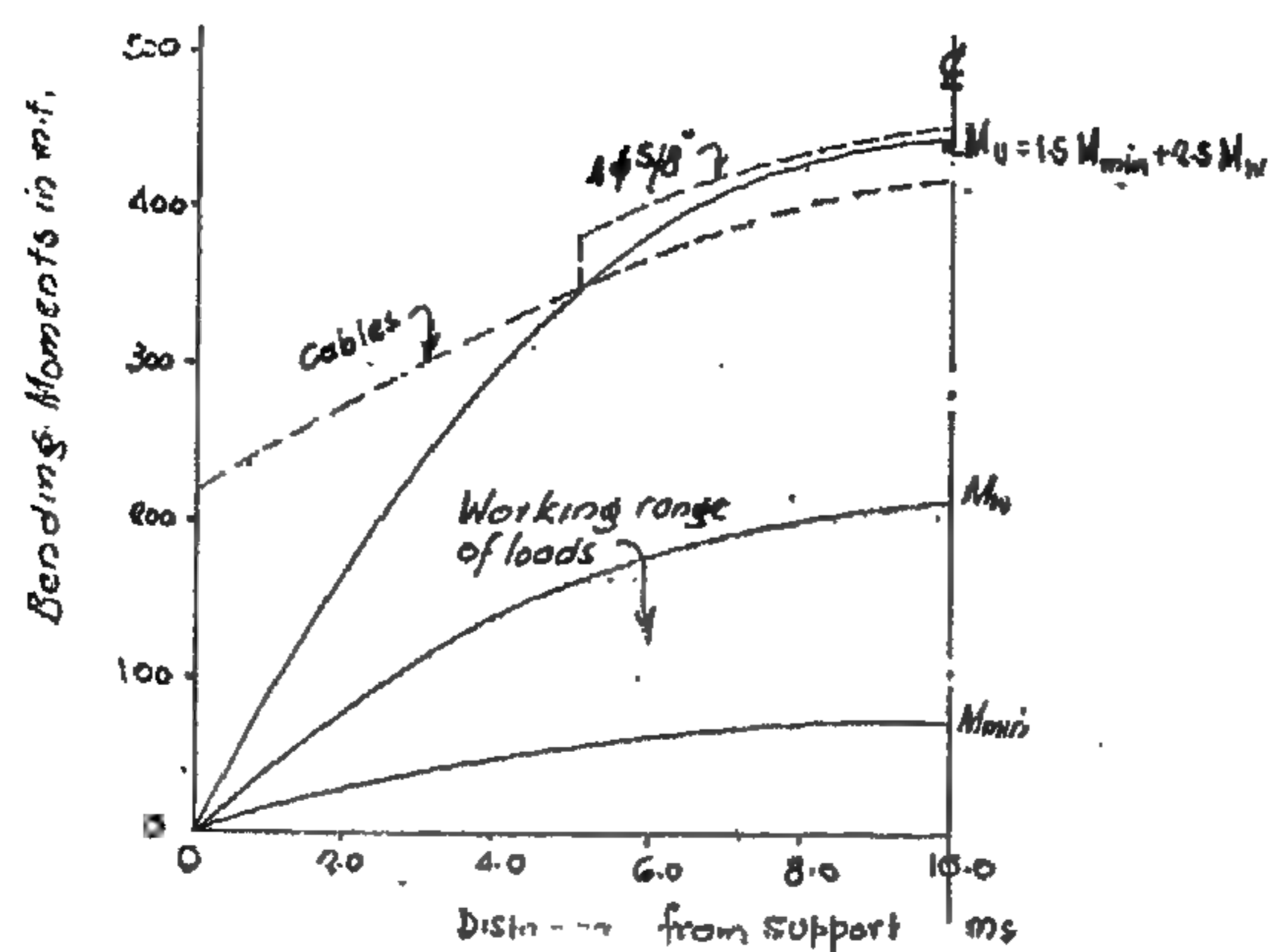
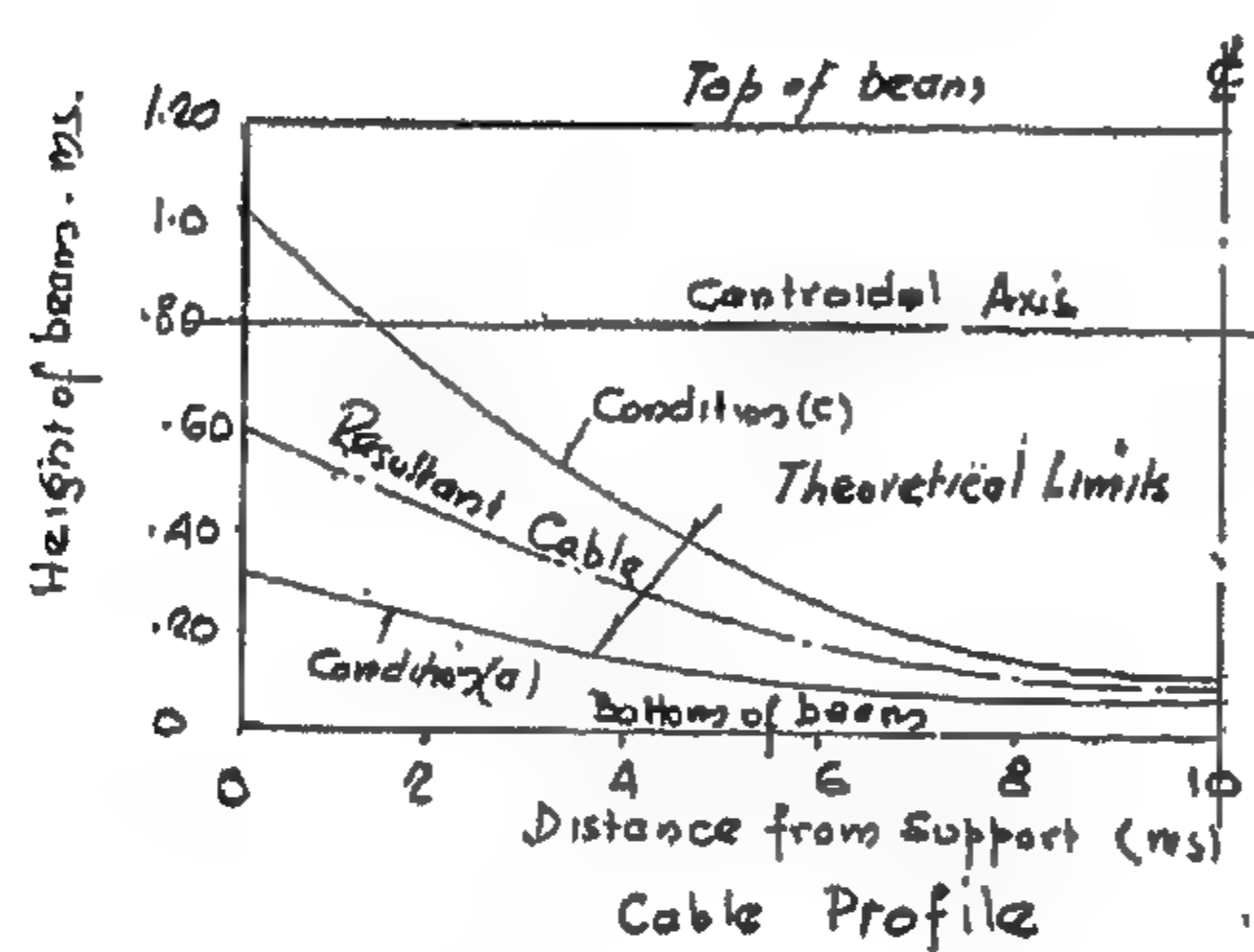
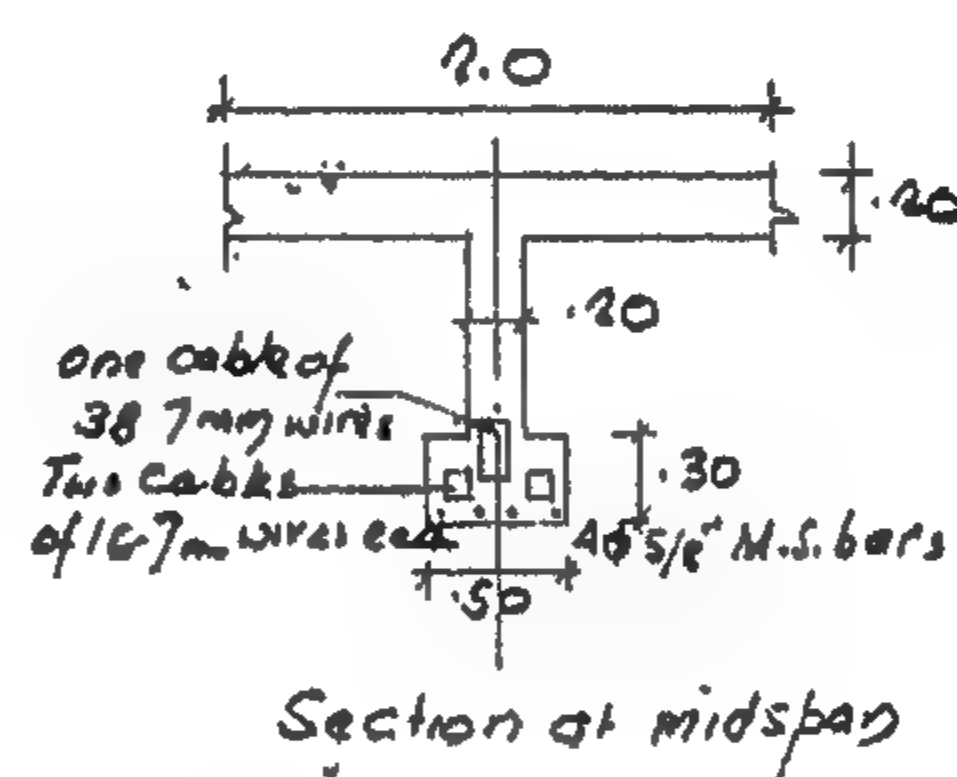


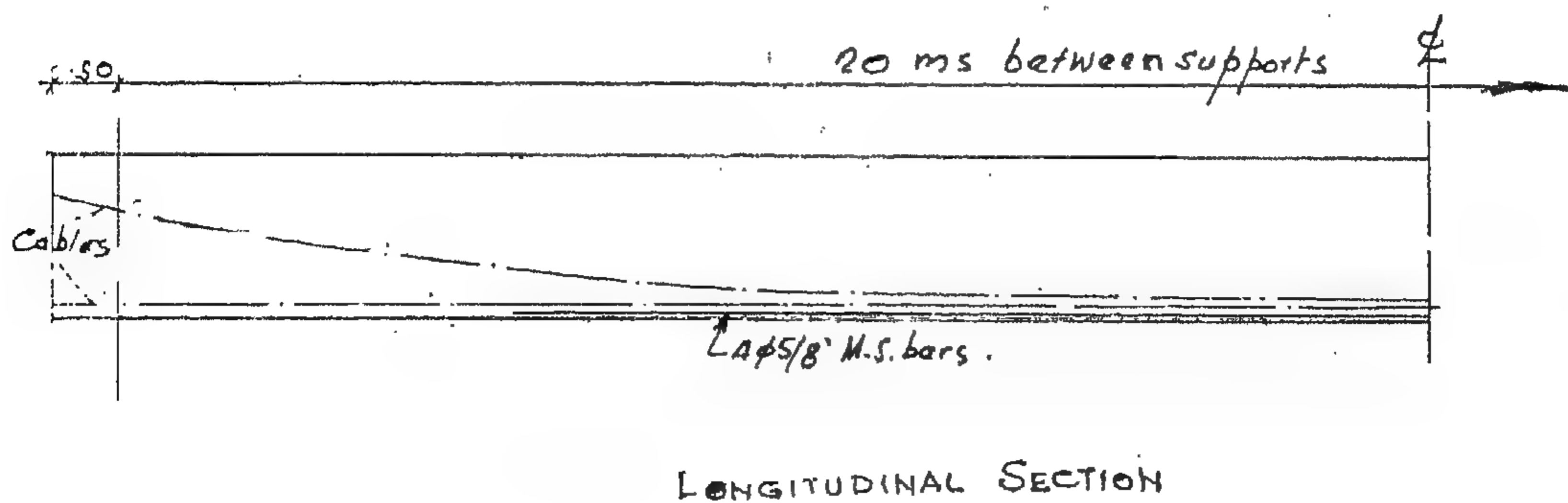
Fig. 32



End Elevation



Section at midspan



LONGITUDINAL SECTION

Figure 33

With the cables in this lowest position, the minimum stress $f_{\min t}$ obtainable at the top of the beam at transfer⁵.

$$\begin{aligned}
 f_{\min t} &= \frac{M_{\min}}{Z_2} + \frac{Z_1 (Z_2 + A_{es})}{R_o Z_2 (Z_1 - A_{es})} \\
 &\quad \left(\frac{M_w}{Z_1} + f_{\min w} \right) \\
 &= \frac{75}{28} + \frac{.14 (.28 - .483)}{.85 \times .28 (.14 + .483)} \\
 &\quad \left(\frac{207.5}{.14} + 0 \right) \\
 &= 268 + .192 \times 1480 = 268 - 284 \\
 &= -16 \text{ t/m}^2 \text{ tension at transfer;}
 \end{aligned}$$

Prestressing cables required at midspan

$$\begin{aligned}
 f_{1t} &> \frac{f_{\min w}}{R_o} + \frac{M_w}{R_o Z_1} \\
 f_{2t} &> f_{\min t} - \frac{M_{\min}}{Z_2}
 \end{aligned}$$

Where f_{1t} and f_{2t} refer to bottom and top stresses at transfer.

$$\begin{aligned}
 f_{1t} &> \frac{0}{.85} + \frac{207.5}{.85 \times .14} \\
 &> 0 + 1730 \text{ t/m}^2 \\
 f_{2t} &> -16 - \frac{75}{.28} \\
 &> -16 - 269 > -285 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

The magnitude of prestressing force P_t at transfer is given by

$$\begin{aligned}
 P_t &= \frac{A (f_{1t} Z_1 + f_{2t} Z_2)}{Z_1 + Z_2} \\
 &= \frac{.69 (1730 \times .14 - 285 \times .28)}{.14 + .28} \\
 &= \frac{.69 \times 163}{.42} = 266 \text{ tons}
 \end{aligned}$$

According to the D.C.P.P.C.³ the initial prestress is taken at 70 % of the ultimate on condition that the final stress after losses does not exceed 60 % of the ultimate stress.

The working stress is thus $= .7 \times 15 = 10.5$ t/cm²

$$\text{Wire area required} = \frac{266}{10.5} = 25.4 \text{ cm}^2$$

provided 70 wires 7 mm diameter.

One middle cable of 38 wires and two side cables of 16 wires each.

The actual prestress $= 10.5 \times .384 \times 70 = 284$ tons.

Cable Profile

The four conditions limiting the position of the lines of resultant force of the cables along the length of the beam is given by⁵

$$\begin{aligned}
 e_s &> \frac{Z_1}{A} - \frac{Z_1 f_{ct}}{P_t} - \frac{M_{\min}}{P_t} \quad (a) \\
 &> \frac{.14}{.69} - \frac{.14 \times 1400}{284} - \frac{M_{\min}}{284} \\
 &> -.486 - \frac{M_{\min}}{284}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_s &> -\frac{Z_2}{A} + \frac{Z_2 f_{\min t}}{P_t} - \frac{M_{\min}}{P_t} \quad (b) \\
 &> -\frac{.28}{.69} + \frac{.28 \times (-300)}{284} - \frac{M_{\min}}{284} \\
 &> -.705 - \frac{M_{\min}}{284}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_s &< \frac{Z_1}{A} - \frac{Z_1 f_{\min w}}{R_o P_t} - \frac{M_w}{R_o P_t} \quad (c) \\
 &< \frac{.14}{.69} - \frac{.14 \times 0}{.85 \times 284} - \frac{M_w}{.85 \times 284} \\
 &< .204 - \frac{M_w}{240}
 \end{aligned}$$

d = effective depth (min) (ms)

C_o = cube strength t/m²

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{.13 C_o B_z}}$$

$$= \sqrt{\frac{445}{.13 \times 4000 \times 2.0}} = .65 \text{ ms}$$

This is the minimum effective depth in case of a very limited headroom and should always be exceeded. In this example the chosen section is given in figure 29.

In order to check that the depth of the compression zone at failure lies within the upper flange we find "a" from³

$$M_u = .85 f_p \times B_z \times a (d - a/2)$$

where a = depth of rectangular stress block not to exceed $\frac{2}{3}$ depth of upper flange.

$$\therefore M_u = 445 \text{ m.t.}$$

$$= .85 \times 3100 \times 2.00 \times a (1.05 - a/2)$$

$$\text{or } 445 = 5533.5 a - 2635 a^2$$

which when solved will give a value

$$a = .0875 \text{ ms. which is safe}$$

In order to determine approximately the minimum breadth of web required for ultimate strength in shear we use the expression (5)

$$b_w \simeq \frac{.85 V_u}{C_t D}$$

in which V_u is the ultimate shearing force (tons)

C_t is the ultimate strength of concrete in tension (t/m²)

D is the total depth of section (ms)

it should be noted that the term V_u could be replaced by $.8 V_u$ to allow for the shear resistance afforded by the bending up of the cables.

$$V_u = 2 \times 15 + 2 \times 31 = 92 \text{ tons}$$

$$\text{or } V_u = 1.5 \times 15 + 2.5 \times 31 = 100 \text{ tons}$$

$$b_w \simeq \frac{.85 \times .80 \times 100}{300 \times 1.2} = 19 \text{ cm}$$

taken 20 cms.

This will allow the cables to be bent up in the web easily.

Properties of chosen section

$$\text{Area} = .20 \times 2.0 + .70 \times .20 + .30 \times .50$$

$$= .69 \text{ m}^2$$

$$Y_1 = \frac{.15 \times .15 + .14 \times .65 + .4 \times 1.10}{.69}$$

$$= .80 \text{ m}$$

$$Y_2 = 1.20 - .80 = .40 \text{ ms}$$

$$I_x = \frac{2 \times .2^3}{12} + .4 \times .3^2$$

$$+ \frac{.2 \times .7^3}{12} + .14 \times .15^2$$

$$+ .5 \times \frac{.3^3}{12} + .15 \times .65^2$$

$$= .11115 \text{ m}^4$$

$$Z_1 = \frac{.11115}{.8} = .14 \text{ m}^3$$

$$Z_2 = \frac{.11115}{.4} = .28 \text{ m}^3$$

Check for minimum moduli of Section

It could be proved⁵ that the minimum values for Z_1 and Z_2 are given by

$$Z_1 > \frac{M_w - R_o M_{min}}{R_o f_{ct} - f_{min w}}$$

$$Z_2 > \frac{M_w - R_o M_{min}}{f_{cw} - R_o f_{min t}}$$

$$Z_1 > \frac{207.4 - .85 \times 75}{.85 \times 1400 - 0} > \frac{143.7}{1190}$$

$$> .12 \text{ m}^3$$

$$Z_2 > \frac{207.4 - .85 \times 75}{1100 - .85 \times (-300)} > \frac{143.7}{1355}$$

$$> .106 \text{ m}^3$$

both conditions are satisfied for the chosen section.

Assuming the cables to be placed at the lowest possible position giving $e_s = -.70 \text{ ms}$ (negative eccentricity of cable indicates that it is under the centre of gravity of section) and $A_{os} = -.70 \times .69 = -.483 \text{ m}^2$.

Cantilever Part

$$A_{sh} = (8.8 - 3.50) \times \frac{95 \times 40}{1400} = 14.5 \text{ cm}^2$$

The reinforcement of the bridge is given in figure 28. Also the moment of resistance diagrams.

3.3 Design of a prestressed postensioned bridge :

The cross section of the bridge is the same as in the previous examples. Figure 29 shows the cross section of one of the main girders, the rest of the cross section is the same as given in figures 14 and 18. The span of the girder is 20 metres long.

Design of main girder:

The design is carried out according to the methods explained in the book of Prof. R. H. Evans and E. W. Bennet⁵, and is made to conform with the D.C.P.P.C.³. It is assumed here that the designer is familiar with both the theory and practice of prestressed concrete.

Loads

D.L.

slab loads as previous examples = 800 t/m²
weight of beam (.70 × .20 + .50 × .30) × 2.5

$$= .720 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Total D.L.} = 1.52 \text{ t/m}^2$$

$$\text{say } 1.5 \text{ t/m}^2$$

L.L.

same as before in previous examples (fig. 19).

Bending Moments and Shearing Forces

Figure 30 shows the D.L. and L.L. bending moments together with the absolute bending

moment diagram. Figure 31 shows the same for shearing forces. The live load diagrams were obtained in the usual manner by the use of influence lines.

Stresses and general considerations

A concrete strength C_{100} is chosen for the design.

According to D.C.P.P.C. (3) the prism strength $f_p = 310 \text{ kg/cm}^2$ and permissible stresses are as follows :

At transfer

$$\text{compression } f_{ct} = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{tension } f_{min t} = - 30 \text{ kg/cm}^2$$

at working loads

$$\text{compression } f_{ow} = 110 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{tension } f_{min w} = \text{Zero.}$$

The losses factor in the prestresses R_o are assumed = 85 %.

It is assumed that we use 7 mms hard drawn wires of an ultimate strength of 15 t/cm². In order to obtain the ultimate moment M_u the section should carry according to D.C.P.P.C. (3).

The bigger of the following values is taken :

$$M_u = 2 M_{D,L} + 2 M_{L,L} = 2 \times 75 + 2 \times 132.5 = 415 \text{ m.t.}$$

$$\text{or } M_u = 1.5 M_{D,L} + 2.5 M_{L,L} = 112.5 + 331.25 = 443.75 \text{ mt.}$$

$$M_u \text{ to be checked for is taken } \simeq 445 \text{ m.t.}$$

Design

The minimum effective depth is given by⁵

$$\frac{M_u}{B_z d^2} = .13 C_o$$

Where

M_u = ultimate moment the beam could carry (m.t.)

B_z = Breadth of top flange (ms)

b. Shear Stress Calculations

1.—D.L. Shear Stresses in span

Here the effect of bending moments on diagonal tension should be considered because of the variation of the depth of main girders.

$$q_x = \frac{Q_x \text{ (D.L.)}}{.87 b d_x} - \frac{M_x \text{ D.L.) ton } \alpha_x}{0.87 b d_x^2}$$

Referring to figures 27 and 26

$$q_0 = 0$$

$$q_5 = \frac{6400}{.87 \times 40 \times 96.25} - \frac{900\,000 \times .0625}{.87 \times 40 \times (96.25)^2}$$

$$= 1.726 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_4 = \text{similarly} = 2.46 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_3 = 2.31 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{AR} = 1.94 \text{ kg/cm}^2$$

2. L.L. shear stresses in span

According to the recommendation of the D.C.P.R.C. ² for live loads the effect due to moments of the variation of depth is not considered in reducing the shears

$$q_0 = \frac{10100}{.87 \times 40 \times 90} = 3.22 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_5 = \text{similarly} = 4.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_4 = 4.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_3 = 4.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{AR} = 4.17 \text{ kg/cm}^2$$

3. Absolute shear stresses in span

$$q_0 = 0 + 3.22 = 3.22 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_5 = 1.726 + 4.20 = 5.926 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_4 = 2.46 + 4.75 = 7.21 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_3 = 2.31 + 4.75 = 7.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{AR} = 1.94 + 4.17 = 6.11 \text{ kg/cm}^2$$

4. Absolute shear in the cantilever

$$q_{AL} = \frac{65200}{.87 \times 40 \times 190} = 9.8 \text{ kg/cm}^2$$

q_R at a section 1.4 ms left of A

$$= \frac{51200}{.87 \times 40 \times 190} = 7.8 \text{ kg/cm}^2$$

q_L at a section 1.4 ms left A

$$= \frac{44500}{.87 \times 40 \times 190} = 6.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{end} = \frac{14500}{.87 \times 40 \times 190} = 2.2 \text{ kg/cm}^2$$

Web reinforcements

Stirrups

Choosing stirrups $\Phi \frac{5}{16}$ — 4 branches @ 20 cms

$$q_{st} = \frac{4 \times .50 \times 1400}{40 \times 20} = 3.5 \text{ kg/cm}^2$$

Bent Bars (refer to figure 27)

Beam Part

$$A_{sb} = (7.15 - 3.50) \times \frac{190 \times 40}{1400} = 20 \text{ cm}^2$$

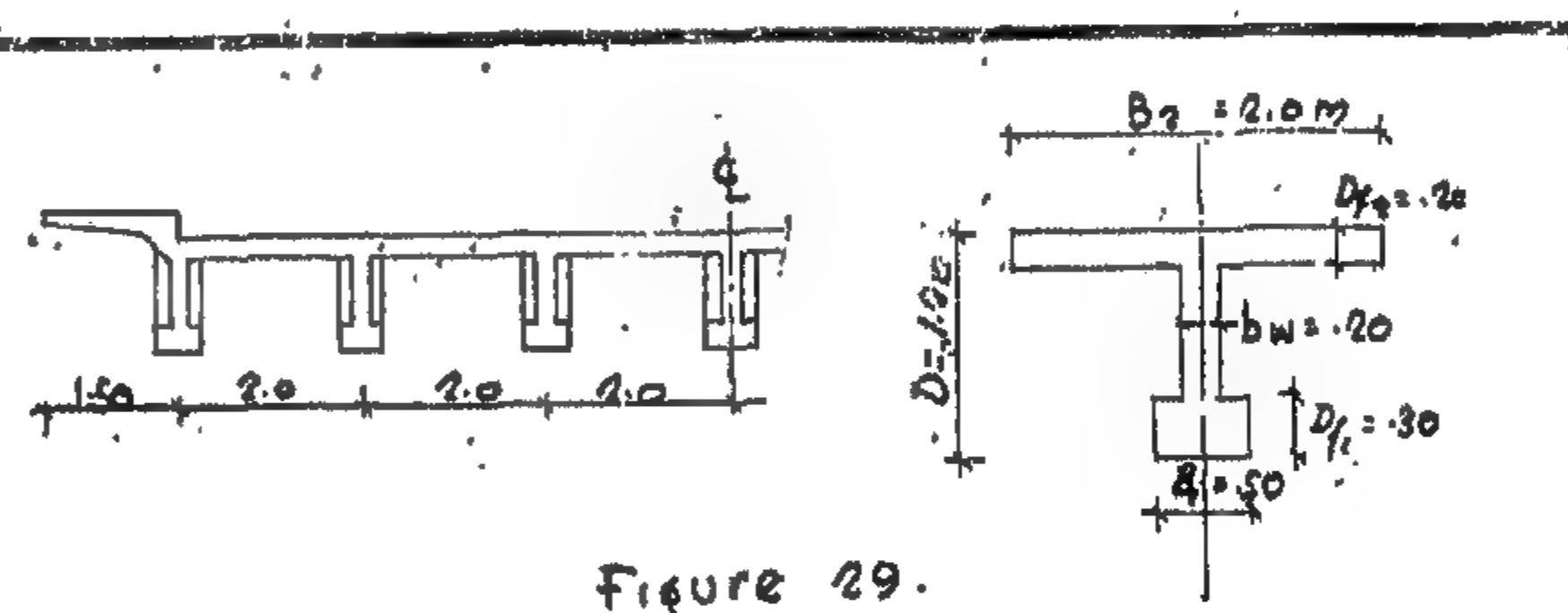


Figure 29.

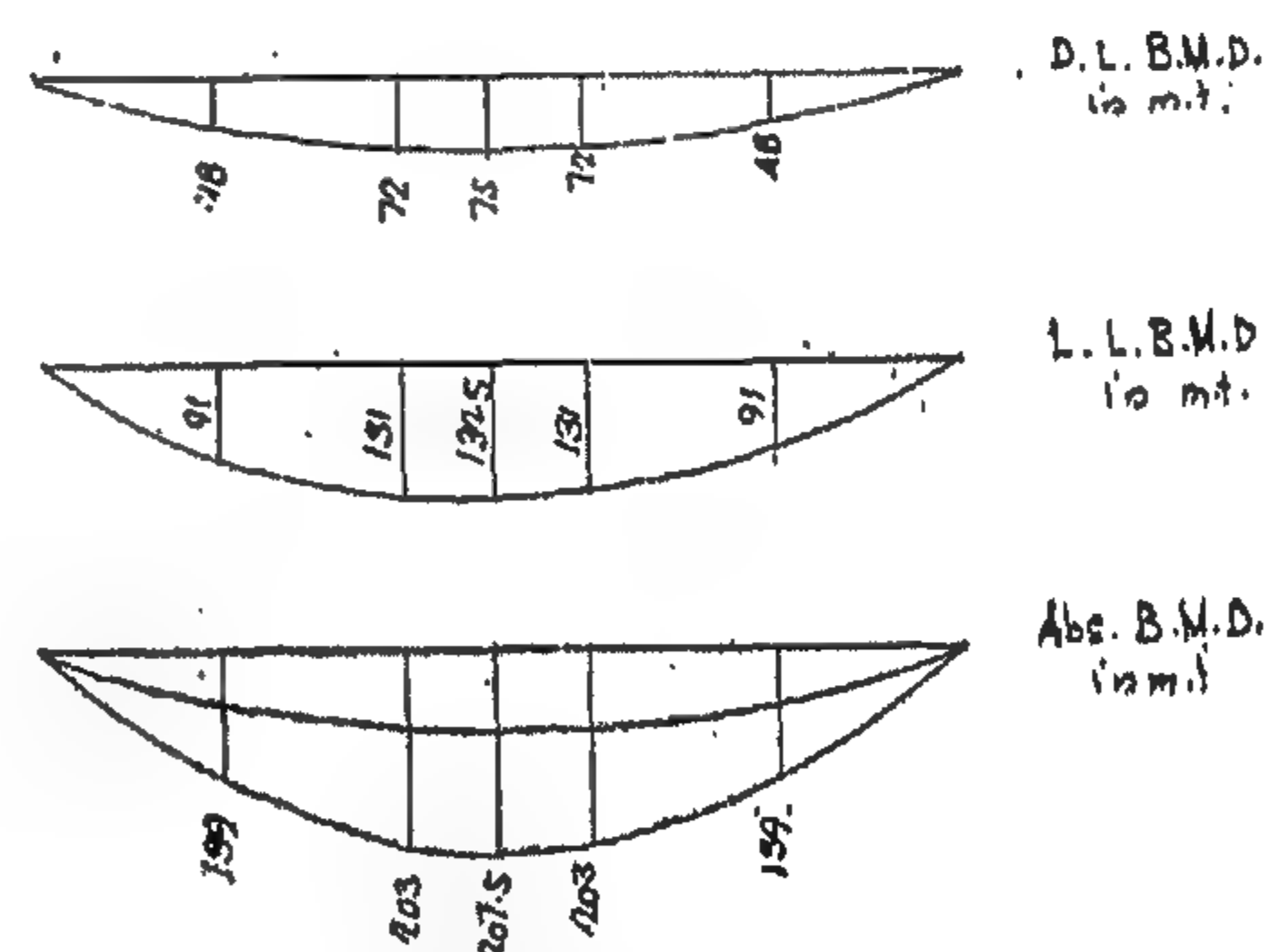


Figure 30

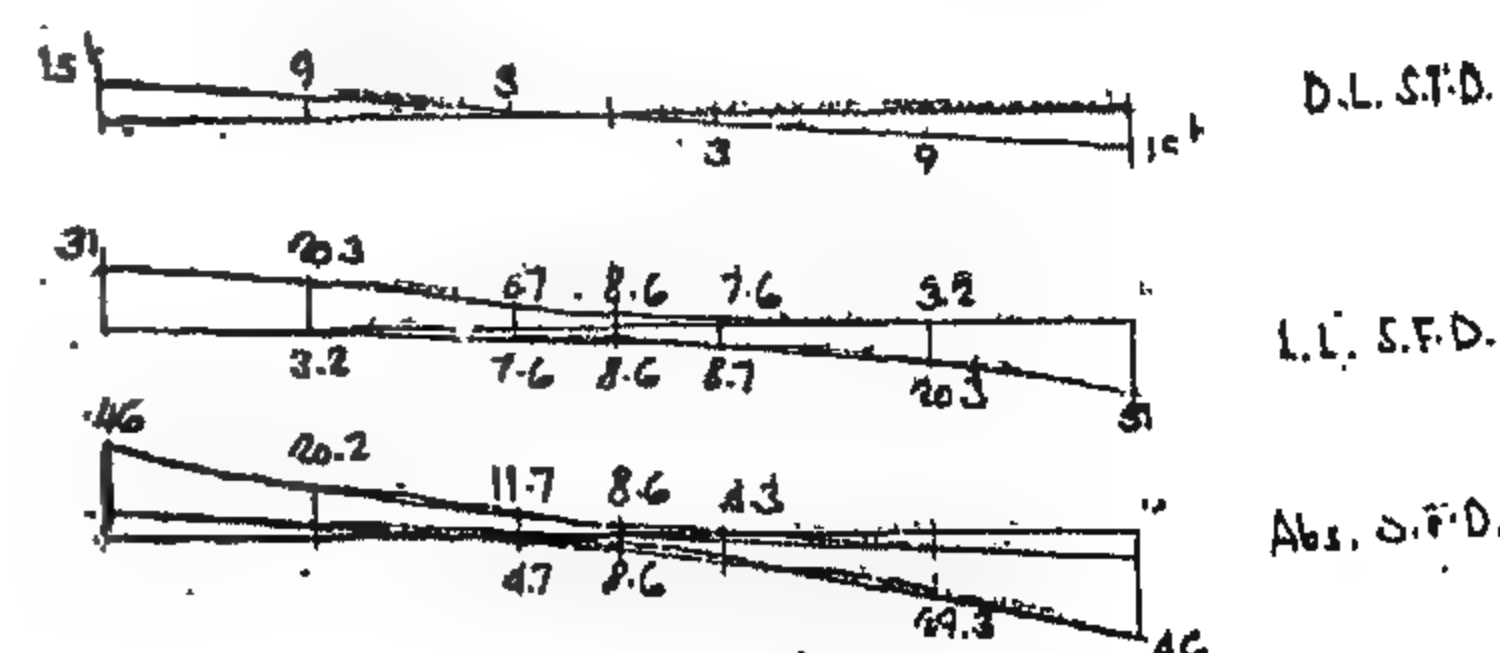


Figure 31

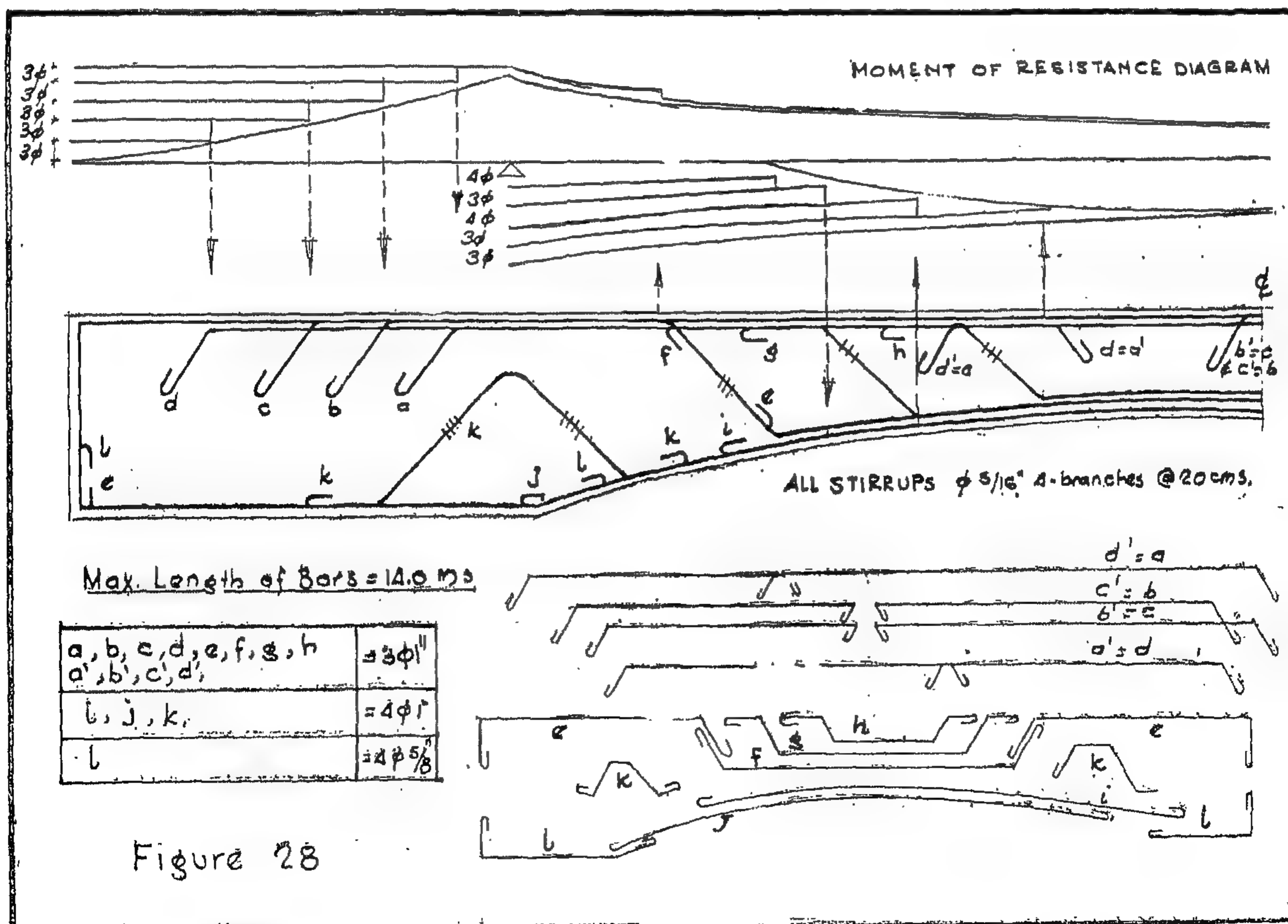
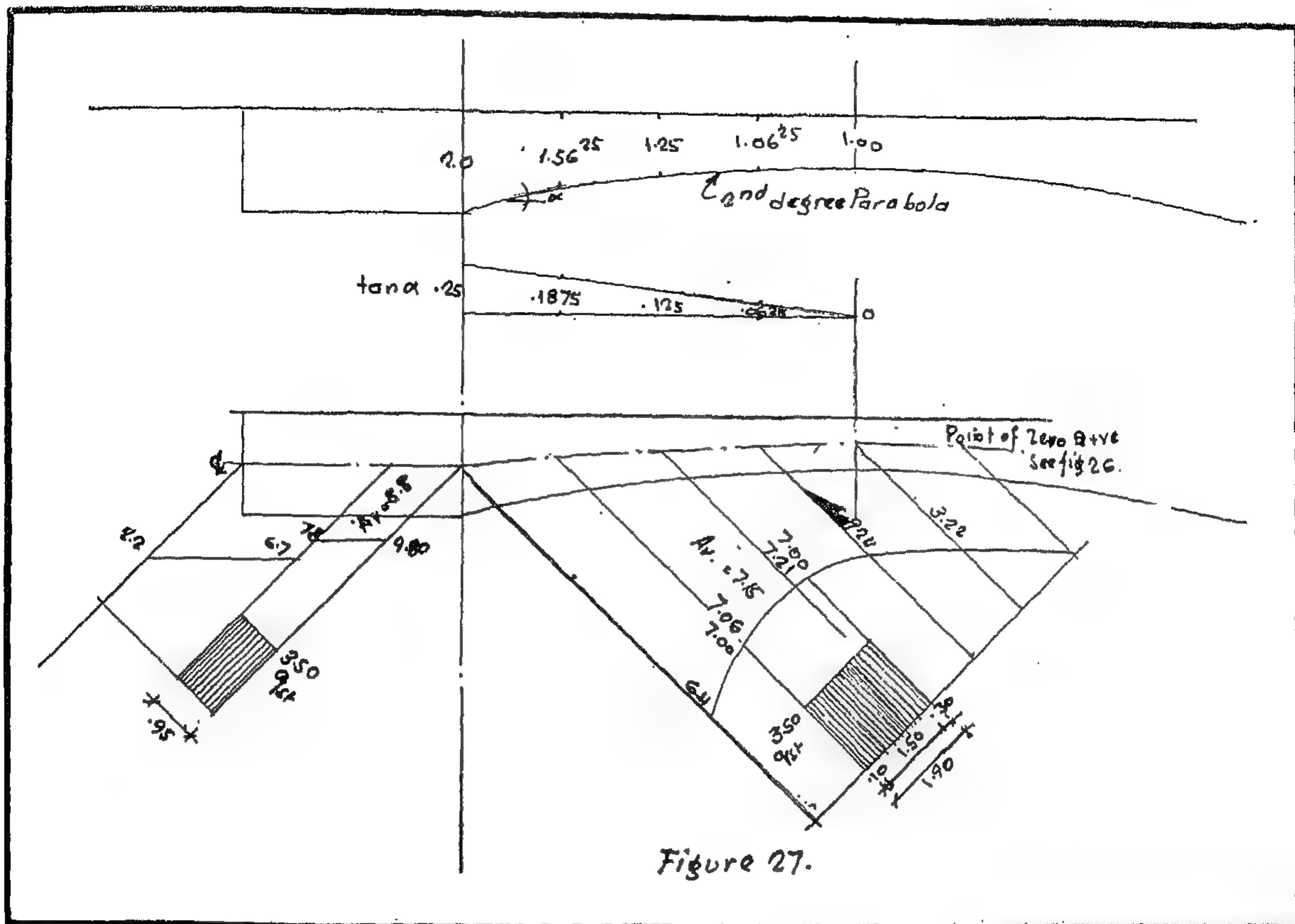


Figure 26 shows the same for shearing forces.

It should be noted that for brevity the construction of influence lines is omitted together with the calculations involved which are easy and common to the designer.

Design

According to the D.C.P.R.C. (2) a concrete mix of 0.80 m³ gravel = .40 m³ sand : 350 kg cement mixed mechanically with only 160 litres of water will give a cube strength of 225 kg/cm² after 28 days. The allowable stresses being

$f_c = 75 \text{ kg/cm}^2$, $q_1 = 7 \text{ kg/cm}^2$, $q_2 = 19 \text{ kg/cm}^2$ and choosing $f_s = 1400 \text{ kg/cm}^2$.

a. Design of Sections

Section at midspan

$M +ve = 94.8 \text{ m.t.}$, $M -ve = 65.6 \text{ m.t.}$

The design is carried for $M +ve$ first and then the section is checked for $M -ve$.

$t = 1.00 \text{ m}$ $d = .9 \text{ ms}$

T-section $B = 12 t_s + b_o = 12 \times .2 + .4 = 2.8 \text{ ms}$

or $B = \text{C.L. to C.L. main girders} = 2.0 \text{ ms}$

$$z = .14 \sqrt{\frac{94800}{2.00}} = 30.5 \text{ cm}$$

$$\frac{B}{b_o} = \frac{2}{.4} = 5 \text{ and } \frac{t_s}{z} = \frac{.20}{.305} = .66$$

$r = .91$ and $Br = 2 \times .91 = 1.82 \text{ ms}$

$$d = .9 = k_1 \sqrt{\frac{94800}{1.82}}$$

giving $k_1 = .395$ and $f_c \approx 45 \text{ kg/cm}^2$

$$A_s = \frac{94800}{1250 \times .90} = 85 \text{ cm}^2$$

Check for $-ve M = 65.6 \text{ m.t.}$

Rectangular section

$$d = .9 = k_1 \sqrt{\frac{65600}{.40}}$$

giving $k_1 = .224$ and $\alpha = .4$ for $f_c \approx 75 \text{ kg/cm}^2$

This is allowed since the $+ve$ moment reinforcements will act as compression steel for the middle section under $-ve M$.

$$A_s = \frac{65600}{1220 \times .90} = 59.5 \text{ cm}^2$$

Section over Support

$M -ve = 169.8 \text{ m.t.}$

$t = 2.00 \text{ ms}$ and $d = 1.9 \text{ ms}$.

T-section $B = 12 \times .15 + .40 = 2.20 \text{ m}$
or $B = \text{C.L. to C.L. Main Girders} = 2.00 \text{ m}$

$$z = .14 \sqrt{\frac{169800}{2.00}} = 40.7 \text{ cms}$$

$$\frac{B}{b_o} = \frac{2.0}{.4} = 5.0, \quad \frac{ts}{z} = \frac{-12}{.407} = .296$$

$r = .6$ and $Br = .6 \times 2.0 = 1.2 \text{ ms}$.

$$d = 1.9 = k_1 \sqrt{\frac{169800}{1.2}}$$

giving $k_1 = .51$ and $f_c \approx 34 \text{ kg/cm}^2$

$$A_s = \frac{169800}{1290 \times 1.9} = 69 \text{ cm}^2$$

Check for $-ve M$ at quarter point section

$M +ve = 50 \text{ m.t.}$ and $M -ve = 92 \text{ m.t.}$

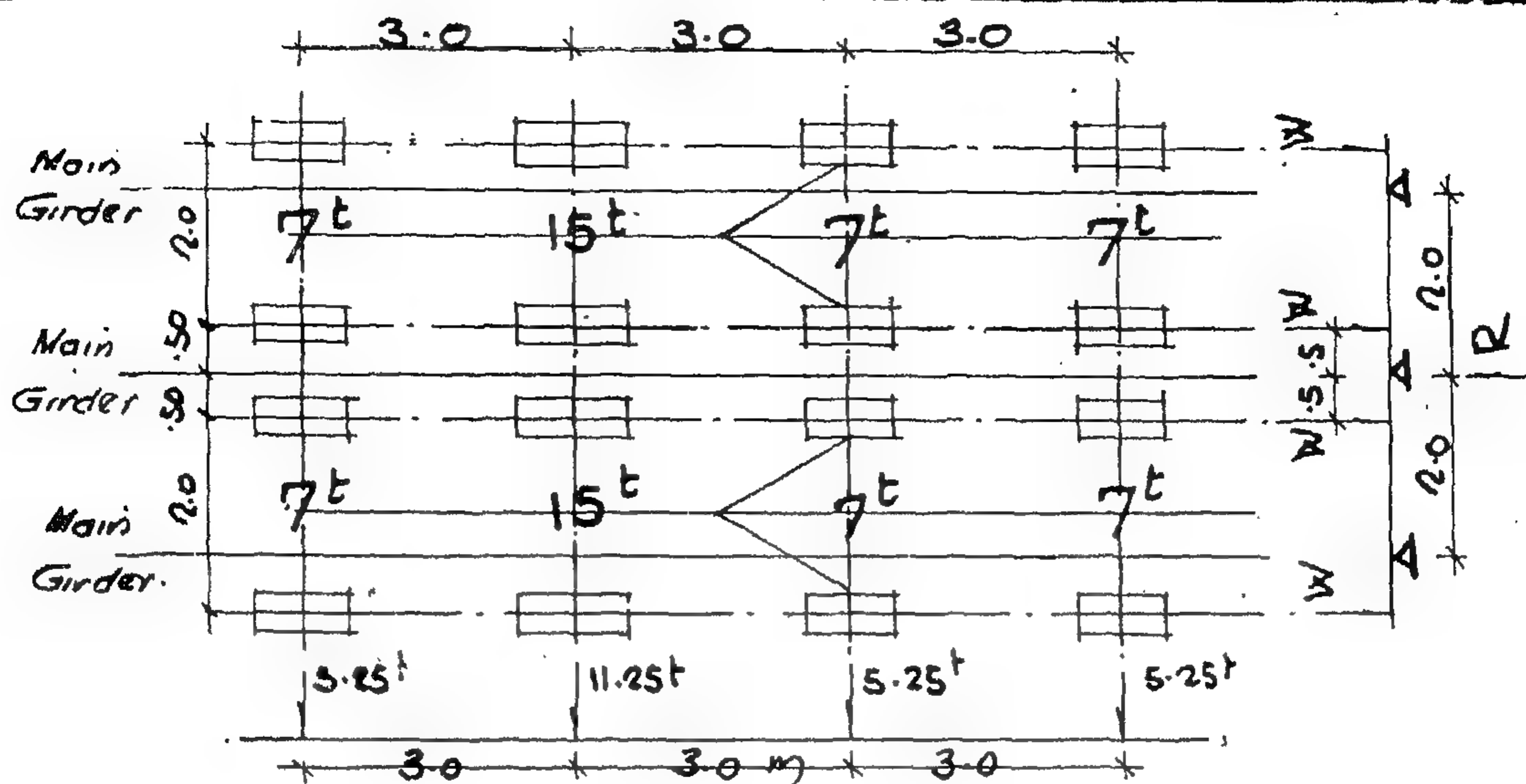
$t = 1.25 \text{ ms}$, $d = 1.15 \text{ ms}$.

Rectangular section

$$d = 1.15 = k_1 \sqrt{\frac{92000}{.40}}$$

giving $k_1 = .24$ and $\alpha = .30$ for $f_c \approx 75 \text{ kg/cm}^2$

which is quite safe since the $+ve$ reinforcement is over half the $-ve$ reinforcement at this section.



If $W = \text{wheel load} = \frac{1}{2} \text{ axle load}$

$$P = \frac{2N \times 1.5}{2} = 1.5 \text{ W}$$

Figure 19

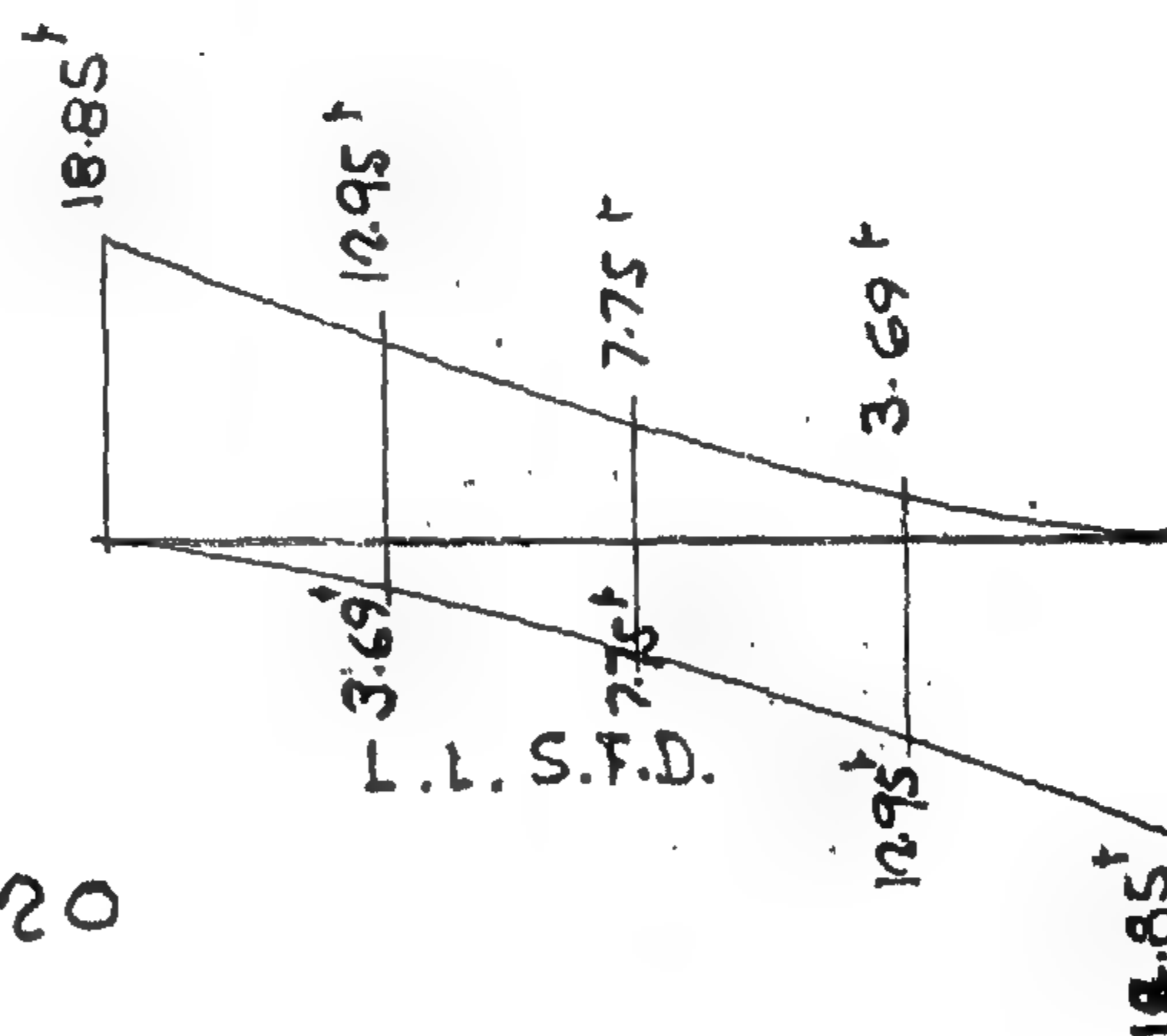
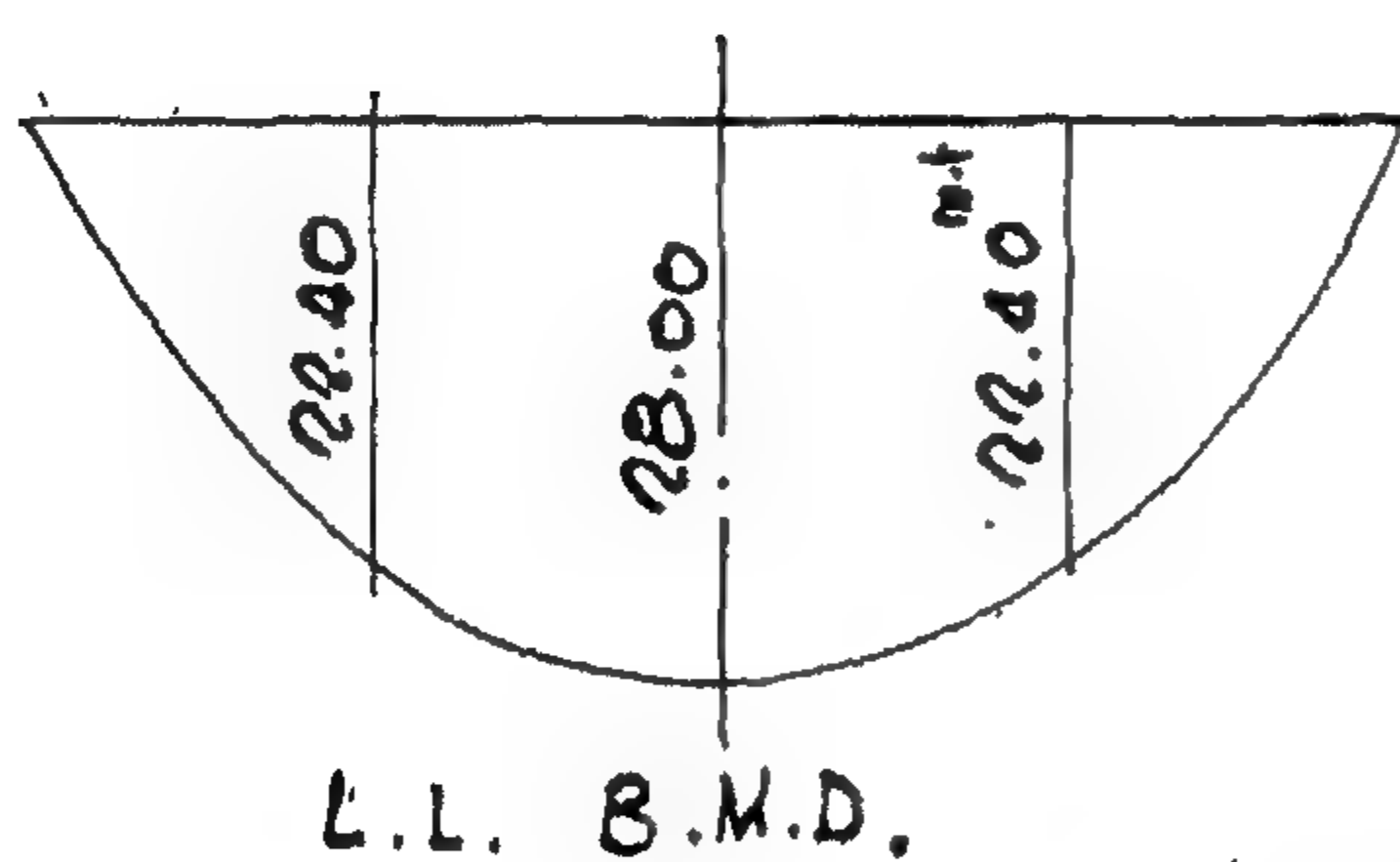


Figure 20

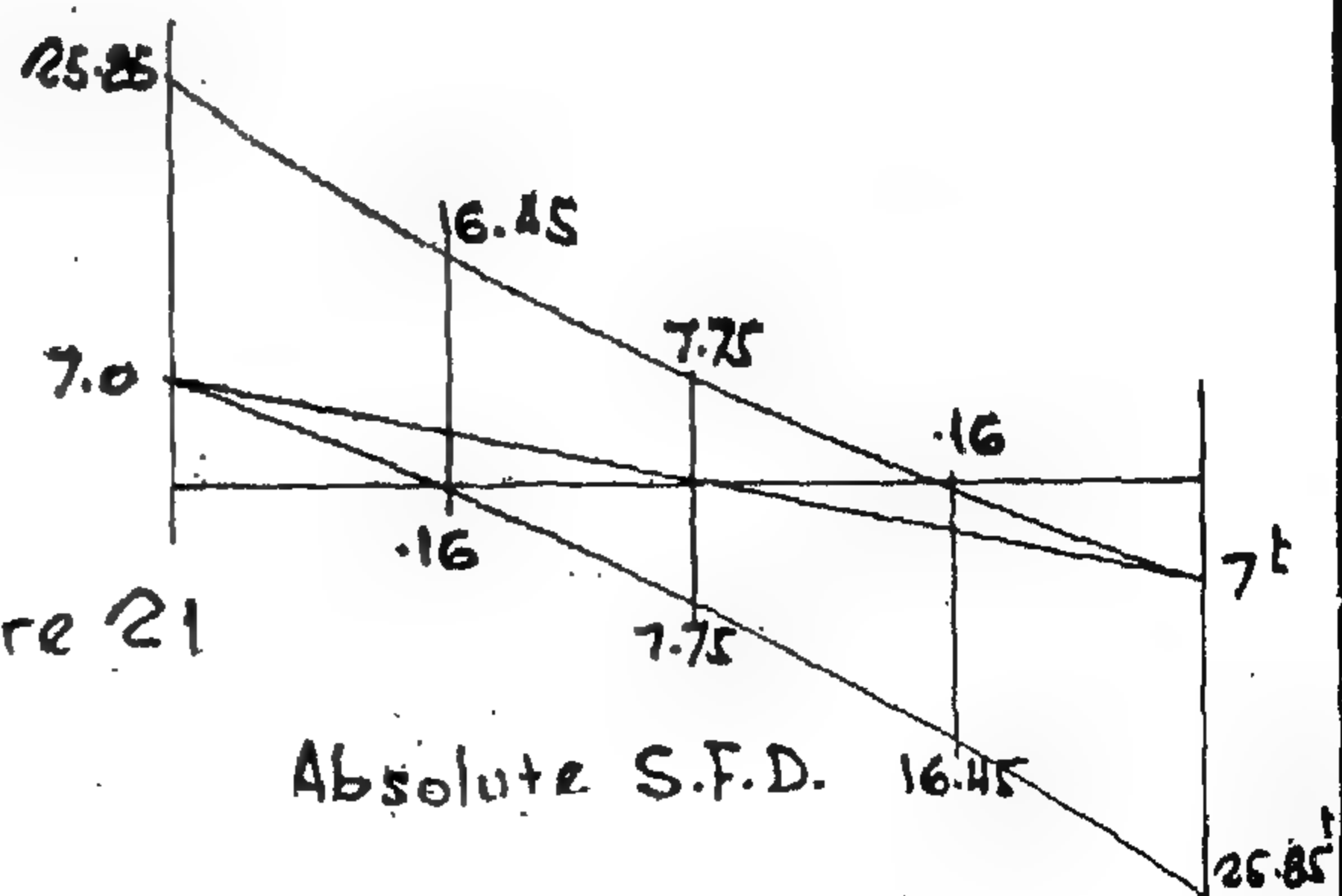
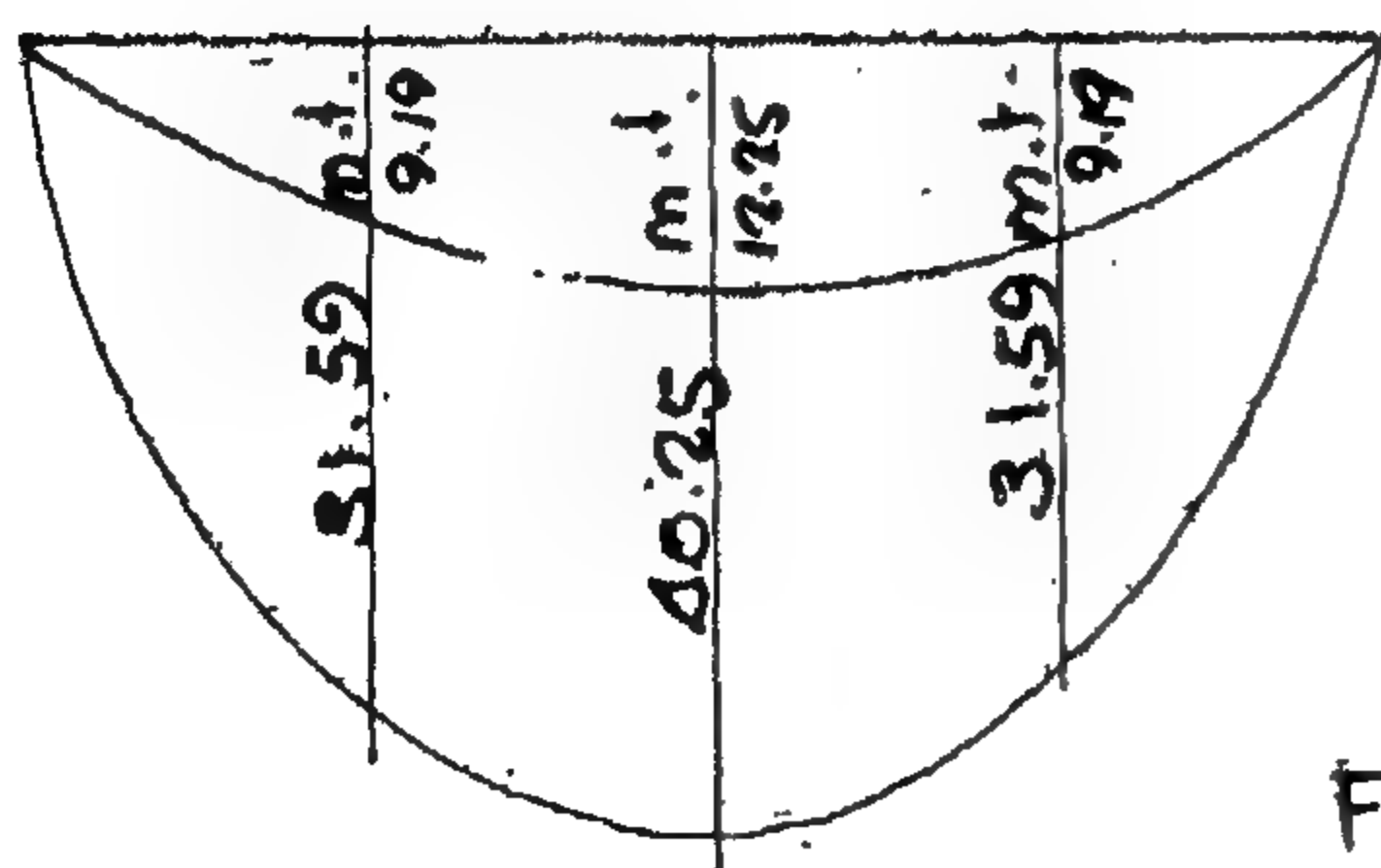


Figure 21

Absolute: B.M.D.

Absolute S.F.D. 16.45

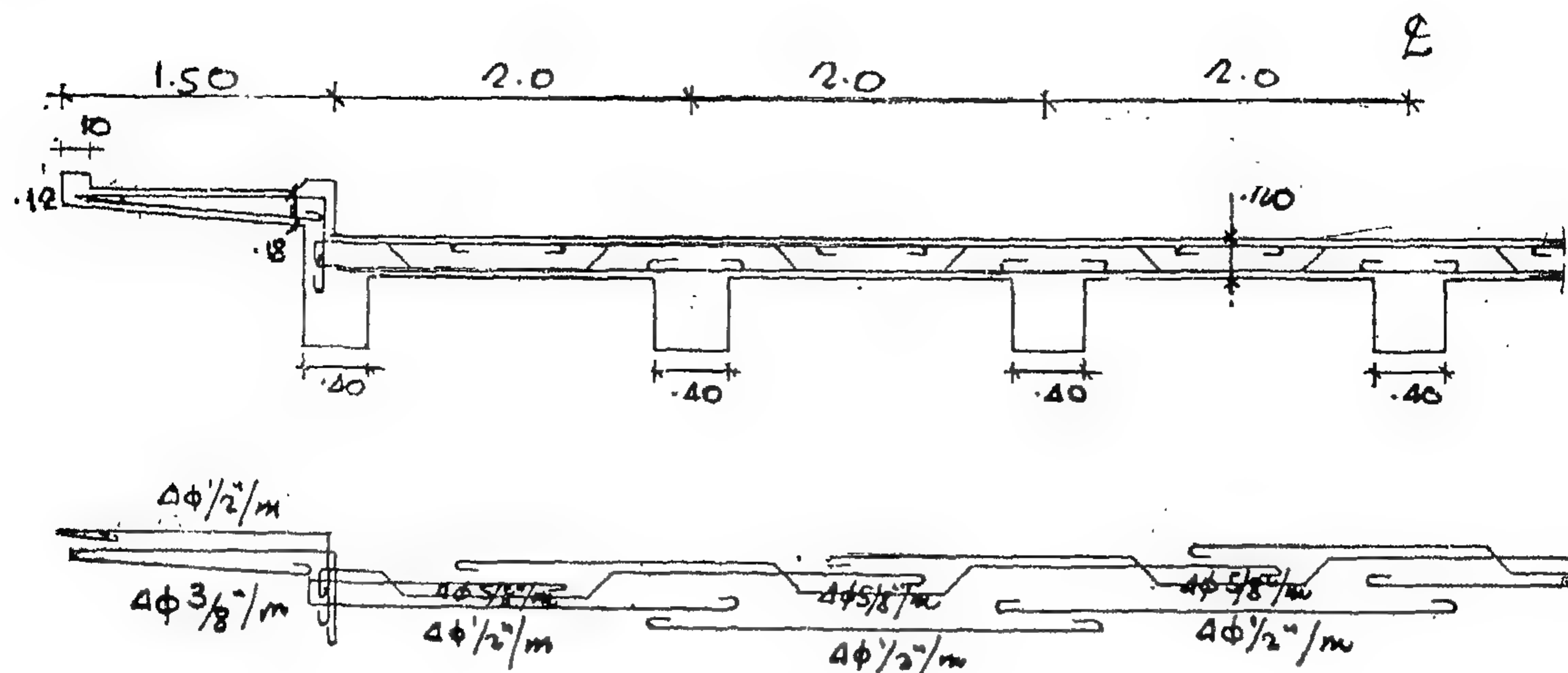


Figure 18

Bending Moments and Shearing Forces

Dead Loads

$$M_{\max} = \frac{2 \times 7^2}{8} = 12.25 \text{ m.t.}$$

$$Q_{\max} = 2 \times \frac{7}{2} = 7.0 \text{ tons}$$

Live Loads

Using influence lines the live load bending moments and shearing forces including impact are given in figure 20.

Absolute bending moment and shearing force diagrams are given in figure 21.

Design

By designing, in the usual manner, for the maximum moments and shears and satisfying the requirements of the internal forces, the final result is obtained in figure 22.

It should be noted that an adequate cross girder should be provided at midspan, the cross section of which is to be taken at least 20×50 cms and should be reinforced by $3\phi \frac{5}{8}$ " top and bottom.

3.2 Design of a counterweighted Girder Bridge

The cross section of the bridge is the same as in the previous design, figures 14 and 18. The main girders are of the type shown

previously in figure 6. The main span is 16 metres long and the proposed dimensions of the bridge are given in figure 23.

Design of main girder

In the following design the counterweight will be chosen such that the positive bending moment at mid-span due to dead loads will be nil. The idea being to reduce the depth of the girder to a minimum at mid span in order to improve the esthetics of the system.

The following procedure shows how to fix the extent of the overhanging parts on the assumption that the space between the main girders is all filled with plain concrete of a specific gravity 2.4 t/m^3 , i.e. of the same quality as that used in the girders. This is chosen to facilitate the casting since there will be no need for special shutterings for the main girders in the overhanging parts.

average own weight of girder (span)

$$= 1.3 \times .4 \times 2.5 = 1.3 \text{ t/m'}$$

own weight of girder (overhangs)

$$= .18 \times .40 \times 2.5 = 1.8 \text{ t/m'}$$

own weight of upper slab

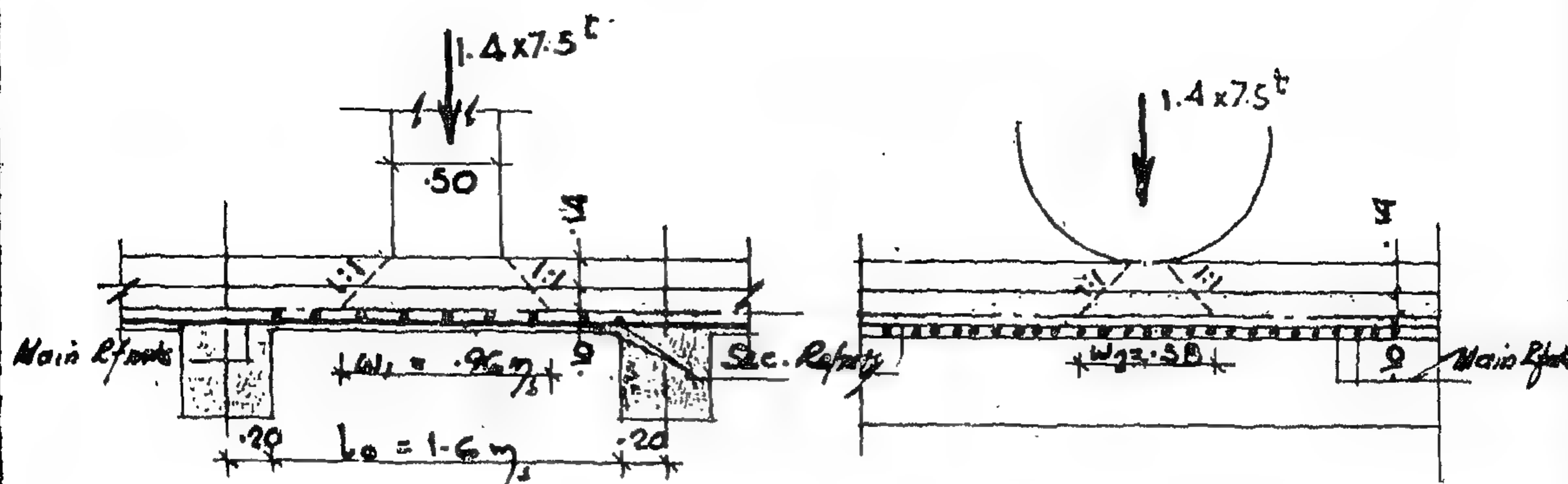
$$= .80 \times 2.0 = 1.6 \text{ t/m'}$$

own weight of lower slab

$$= .375 \times 1.6 = .6 \text{ t/m'}$$

own weight of counterweight

$$= 1.6 \times 1.65 \times 2.4 = 6 \text{ t/m'}$$



Width of load distribution parallel to main rfnts = w_1
 Width of load distribution normal to main rfnts = $w_2 + \frac{A_{s \text{ sec.}}}{A_{s \text{ main.}}} \times 1.05 l_0 = w_3$
 Load/m² = $\frac{\text{max wheel load including impact}}{w_1 \times w_3}$

Impact for R.C. Slabs = $40\% \& \frac{2}{3} > \frac{A_{s \text{ sec.}}}{A_{s \text{ main.}}} > \frac{1}{3}$

Figure 15

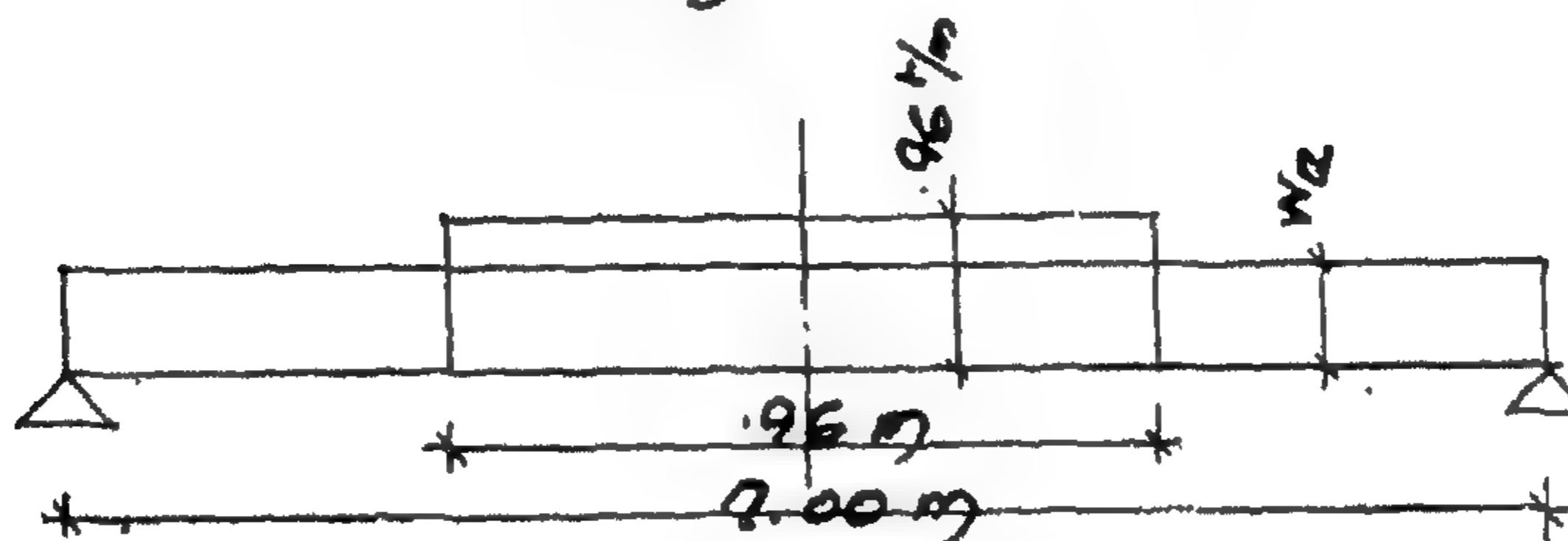
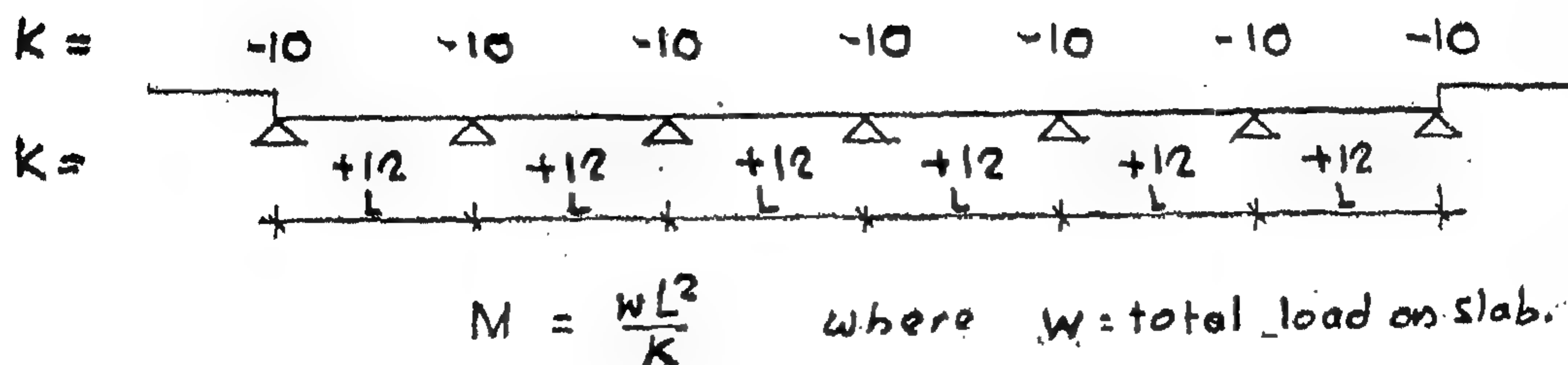


FIGURE 16



$$M = \frac{wL^2}{K} \quad \text{where } w = \text{total load on slab.}$$

Figure 17

Dead Load (on side walks)

$$2 \text{ cms asphalt paving} = .02 \times 2200 = 44 \text{ kg/m}^2$$

$$15 \text{ cms R.C. slab} = .15 \times 2500 = 375 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total D.L.} = 420 \text{ kg/m}^2$$

Live Load (on slab)

Load distribution (refer to figure 15)

$$\text{Slab is one way and assuming } \frac{A_s \text{ sec}}{A_s \text{ main}} = \frac{1}{3}$$

\therefore width of distribution normal to main girders

$$= .50 + 2 \times .24 = .96 \text{ ms.}$$

width of distribution parallel to main girders

$$= .10 \times 2 \times .24 \times \frac{1}{3} \times 1.05 \times 1.6 = 1.14 \text{ ms}$$

$$\text{Load/m}^2 \text{ including impact} = \frac{1.4 \times 7.5}{0.96 \times 1.14} = 9.6 \text{ t/m}^2$$

This load does not cover the does not cover the span of the slab.

And the equivalent load W_e covering the whole span and giving the same bending moment is given by

$$M_{\text{max}} = \frac{W_e \times 2^2}{8} = 9.6 \times .48 (1 - .24)$$

$$\text{giving } W_e = 7 \text{ t/m.} \text{ (See figure 16).}$$

Live load (on side walks)

taken as 500 kg/m² inclusive

Total load (on slab)

$$W = 7 + .8 = 7.8 \text{ t/m'}$$

Total load (on side walks)

$$w = 420 + 500 = 920 \text{ kg/m}^2.$$

Bending Moments and design

When the distance between the main girders does not exceed 2.5 ms the following approximation may be used (see figure 17).

For the slab

$$M_{+ve} = \frac{7.8 \times 2^2}{12} = 2.6 \text{ m.t.}$$

$$M_{-ve} = \frac{7.8 \times 2^2}{10} = 3.12 \text{ m.t.}$$

check for thickness under maximum moment.

$$17 = k_1 \sqrt{\frac{3120}{1.0}} \therefore k_1 = .305 \text{ fc allowed}$$

$$A_s +ve = \frac{26000}{1250 \times .17} = 12.2 \text{ cm}^2$$

(provided 4 $\Phi \frac{5}{8}$ " + 4 $\Phi \frac{1}{2}$ "/m')

$$A_s -ve = \frac{3120}{1250 \times .17} = 15 \text{ cm}^2$$

(provided 8 $\Phi \frac{5}{8}$ "/m')

For the side walks

Assuming the handrail to weigh 150 kg/m' and is subjected to a horizontal push of 80 kg/m' at a height of 1 metre, then :

$$M = .92 \times \frac{(1.5)^2}{2} + .15 \times 1.5 + .08 \times 1 = 1.345 \text{ m.t.}$$

$$d = 15 = k_1 \sqrt{\frac{1345}{1.00}} \therefore k_1 = .395$$

f_c allowed

for $f_s = 1400 \text{ kg/m}^2$

$$A_s = \frac{1345}{1250 \times .15} = 7.2 \text{ cm}^2$$

(provided 4 $\Phi \frac{1}{2}$ " + 4 $\Phi \frac{3}{8}$ "/m')

For details of reinforcements of cross section. (See figure 18.)

b. Design of Main Girder

Loads

Dead loads

neglecting the own weight of the cross girder.
Own weight of girder

$$= .4 \times .40 \times 2.50 = .4 \text{ t/m'}$$

$$= .8 \times 2.0 = 1.6 \text{ t/m'}$$

$$\text{Total D.L.} = 2.0 \text{ t/m'}$$

Live loads

The live loads on the main girder excluding impact are found from figure 19 to be 11.25 ton and 5.25 ton due to two wheel loads of 7.5 ton and 3.5 ton each respectively.

The system (figures 9 and 10) may cover a span of 20 to 30 metres economically.

Figure 11 shows a bridge consisting of prestressed concrete simple beams which are precast and pretensioned. The spans for such beams is limited to 12 ms on account of difficulties in transport and erection. The arrangement of beams in the cross section is also given. At the present time the use of prestressed concrete is not very economical, but in the near future with the local production of hard drawn wires the use of prestressed concrete will certainly grow to compete with reinforced concrete and steel construction.

Figure 12 shows a bridge consisting of prestressed concrete simple beams suitable for bigger spans of 20 to 30 metres in which the beams are post-tensioned. Continuous prestressed beams may well solve the problem of bigger spans but not in cases connected with irrigation works in which the spans are not likely to exceed 20 metres in the near future.

3. Alternative designs

In the following alternative designs of some bridges are given. They consist of 3 designs for an ordinary simple girder bridge of the type shown in figure 1 followed by a beam with two overhanging ends incorporating counterweights of the type shown in figure 6. The third design is of a prestressed post-tensioned girder bridge of the type shown in figure 12.

Wherever possible the designs were carried out according to the latest current, provisional and draft specifications and codes of Practice of the U.A.R. ^{1 2 3 4}. Reference is made to these specifications using the following abbreviated forms D.S. Loads, D.C.P.R.C., D.C.P.P.C. and G.S.R. suggested for each of them respectively.

Figure 13 shows the standard truck-type for road bridges (main roads) as given by the D.S. Loads

The impact coefficient used is this proposed by the D.S. Loads ¹ and reduced 50 % for reinforced concrete bridges as recommended by the G.S.R

$$\therefore \text{Impact coefficient } I = .50 \times \left(\frac{16}{24+L} \right)$$

Where L = loaded length of member giving the maximum stress.

Impact coefficient for slabs I = 40 % as recommended by D.S. Loads ¹.

The wheel load distribution through the slabs is carried out according to the G.S.R. ⁴.

For simplicity the cross section of the bridge is chosen the same and will be designed only once.



Figure 11.



Figure 12

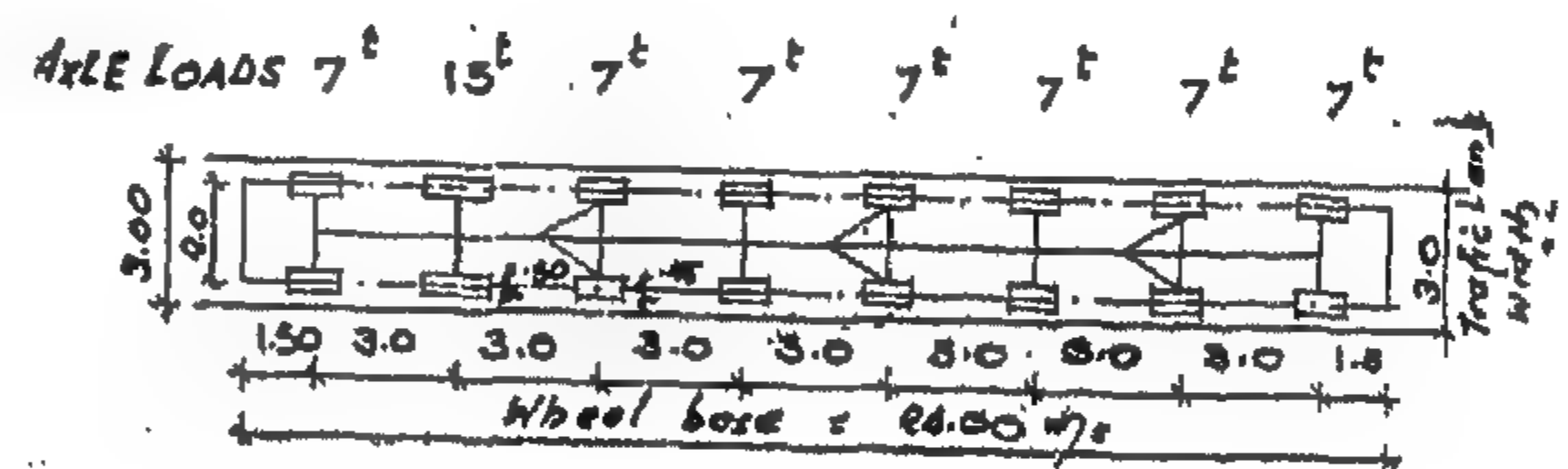


Figure 13

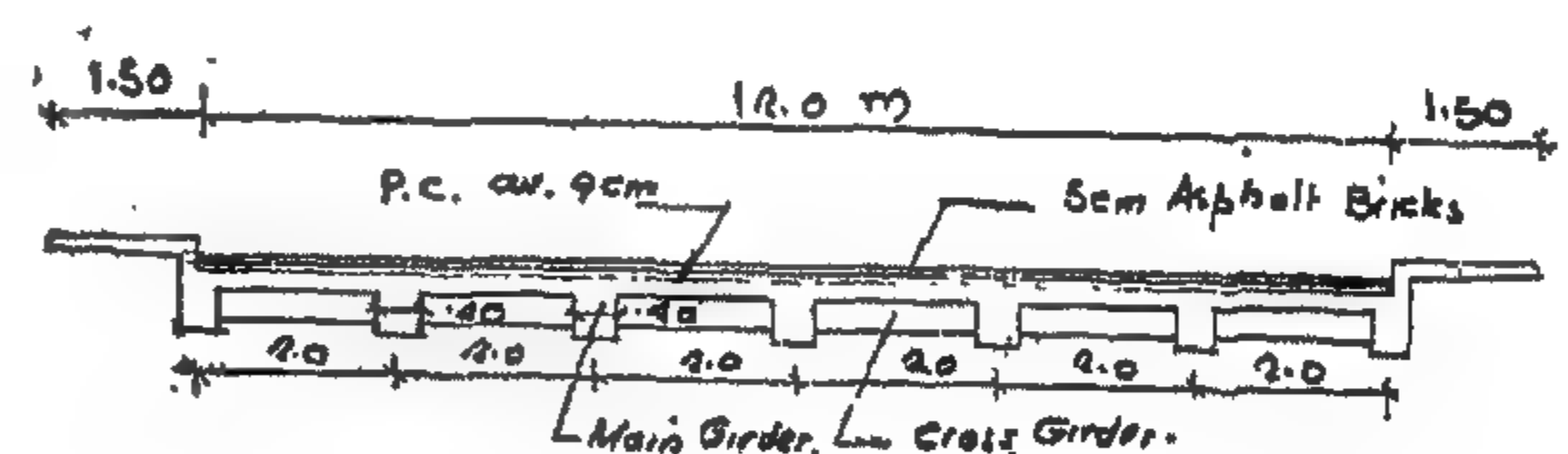


Figure 14.

3.1. Design of a simple Girder Bridge

Figure 14 shows a cross section of the bridge which has an effective span of 7 metres.

a. Design of cross section

Dead Loads (on slab) :

Loads

5 cms asphalt bricks	= .05 × 2200 = 110 kg/m ²
9 cms plain concrete	= .09 × 2300 = 189 kg/m ²
20 cms R.C. slab	= .20 × 2500 = 500 kg/m ²

Total D.L. ≈ 800 kg/m²

solution is relatively easy. Differential settlements will not affect the bridge. Spans of 12 to 15 metres may be achieved economically. It remains to be noted that the construction of intermediate hinges may prove difficult and cumbersome.

Figure 6 shows a bridge having one span and two overhanging ends incorporating counterweights. The system is statically determinate and easy to solve and may be used economically for spans of 12 to 18 metres. The length of the overhanging parts is determined in such a manner that the counterweight will provide negative dead load moments that will relieve the mid-span section of its positive dead load moments. This makes possible the depth reduction of the middle section resulting in the improvement of the esthetics of the bridge. It should be noted that in order to reduce the depth at the supports a bottom slab is used providing a wide compression flange. Special curtain walls should be provided at the ends allowing for the movement of the free ends. These could be easily incorporated with box type wing walls.

Figure 7 shows a continuous beam type bridge of constant section. The continuous type may cover any number of spans. It is statically indeterminate and thus affected by differential settlements of supports, temperature, shrinkage and creep. In long bridges the practice is to cut down the length into units of continuous beams of say three spans. The influence lines for continuous beams are either calculated by the designer or plotted from specially prepared tables. Figure 8 shows the same continuous beam type bridge but having a variable section within the one span. The beam in this system looks more graceful than a beam with constant section. The system may prove more economical but on the other hand it involves a greater amount of calculation for influence lines which are not found in table and should be calculated from first principles. In a future paper the author will present a quick analytical method for obtaining the influence lines by moment distribution using the deflection curves. Continuous beam bridges may span 20 to 25

metres economically and are more suited to the case when end spans are smaller than intermediate ones. This is not recommended for irrigation works since equal spans provide easier construction of gates and other accessories.



Figure 6



Figure 7



Figure 8



Figure 9



Figure 10

Figure 9 shows a one-span bridge consisting of girders having two overhanging ends tied at their free end to the abutments by inclined ties. The ties serve in producing the negative support moments instead of the counterweights shown in the bridge, figure 6. The system is twice statically indeterminate and the construction of influence lines will involve a big amount of computations. The quick calculation of the influence lines as mentioned before will be the subject of a future paper. Among the advantages of this type of bridge is the elimination of the counterweight and the increase in the stability of the abutment resulting in a substantial reduction in its dimensions. Figure 10 shows a proposal for using a prestressed inclined tie. In this way it is possible to control the amount of reactions present at the ends.

ALTERNATIVE DESIGNS OF SOME SIMPLE REINFORCED AND PRESTRESSED CONCRETE ROAD BRIDGES

By

Dr. AMIR ASSAD RIZK, Ph.D., M.Sc.,
Lecturer, Faculty of Engineering, Cairo University

1. Introduction

With the vast leaps in the use and practice of reinforced concrete and the recent development of prestressed concrete, the structural designer for road bridges especially those connected with irrigation works now has a bigger choice of types and systems than his predecessors. Prior to the use of reinforced concrete for road bridges incorporated in irrigation works, the choice of the classic 90° segmental masonry arch was predominant. The clear span was limited to 4.0 metres in order that the roadway over the bridge may not greatly exceed the level of the embankments of the waterway. The limit of 8.0 m clear span was achieved in Idfina Barrage, the latest on the Nile and in which the arches were of plain concrete. The tendency now is for the use of bigger spans whenever possible, this results in a substantial economy because of the lesser number of supports used.

With bigger spans, the abutments and piers are supported on individual foundations independent from the floor of the barrage or regulator. The joints between the floor and the foundation for the abutments and piers must of course be watertight.

The object of this paper is to present to the designer a variety of systems and types of simple bridges that could be incorporated with irrigation works. This will widen the field of choice for the designer and will promote a substantial saving in the costs of the structure. Solved examples for some bridges in reinforced and prestressed concrete are given. It is felt that these may serve as a guide and reference to the designer.

2. Survey of some types of bridges

Figure 1 shows a simply supported girder bridge of the type commonly used. It may span 6 to 8 metres economically; an increase of span to 10 metres may prove possible but not economical.



FIG. 1

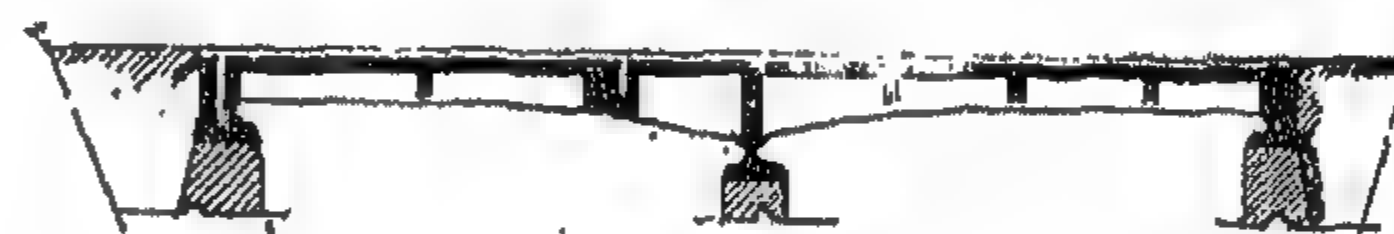


Figure 2



Figure 3



Figure 4



Figure 5

Figures 2, 3, 4 and 5 show different types of cantilever beam bridges spanning over two, three and four spans. Intermediate hinges are provided in such a manner that will result in a stable system of beams with overhanging ends and simple beams. The number of these hinges is equal to the number of supports of the beam minus unity. The cantilever beam is statically determinate and its statical

Sands are very different in their behaviour under vibration. Firstly, they are not saturated generally. Often they may be in a loose state. Vibration can cause considerable settlement, particularly if accompanied by some pressure. Fig. 7 shows the effect of a small hand-propelled vibrating roller weighing only 4 cwt. in compacting a sandy

soil at various moisture contents (6). It will be seen that at the optimum moisture content the loose sand was increased in density by some 20 %. The vibration applied to the ground is a fairly severe one, of course, but so is the settlement compared with that which a machine tool could tolerate.

CONCLUSION

I hope you will forgive me if, in trying to cover a wide field, I have sometimes glossed over much of the subject matter. But I hope

that there will be some opportunity during the discussion to deal further with any points which were inadequately dealt with.

this speed there will be resonance and unless some damping is introduced there will be a possibility of excessive vibration. Returning to the example above resonance would occur at 440 r.p.m. with the 0.2" deflection springs. At this speed the out-of-balance force

will be only $(\frac{440}{1320})^2 \times 0.1 \text{ tons} = 0.011 \text{ tons}$.

If applied statically this would produce a deflection of $0.011/25 \text{ in.} = 0.00044''$. Due to the resonance the dynamic magnification factor may be say 6 or 7 if rubber springs are used i.e. the dynamic movement would be say $0.003''$. With steel springs and no dampers an even higher value would be obtained. If these movements cannot be tolerated for the short period during which the machine is

accelerating through the resonant range artificial damping will need to be introduced. Commercial dampers can be obtained which can reduce the dynamic build-up to any desired degree. But too much damping is to be avoided if the damping force is not to also become excessive at the normal running speed. This damping force is applied to the ground, of course, since one end of the damper must be attached to the ground.

Sometimes it can be arranged for the dampers to come into operation only when the machine is running near to the resonant speeds. This device was used on a large coal screen which the author recently dealt with, and works very successfully.

THE EFFECTS OF VIBRATION ON SOILS

Before leaving the subject of vibrations in machine foundations, it is appropriate to discuss here the effect of vibrations in the ground on the bearing power of soils.

Soils which are cohesive (clays) can be dismissed very briefly. Clays are almost invariably saturated and compaction can only take place if the water is squeezed out of the soil. Even under a statically applied load this occurs very slowly. Under a vibratory load, which in effect consists of applying a positive and a negative pressure alternately, it does not occur at all. It is conceivable that there may be some plastic flow of the soil if the vibratory load is sufficiently intense, but the evidence available suggests that this does not happen to any significant degree in practice. This is probably because the movements and stresses associated with the vibrations are much less severe than they appear to be to the observer. A vibration of 10 c.p.s. frequency and 0.001" amplitude has a peak accelera-

tion of only about 1 % of g and yet it would be classed as very severe if it were occurring in the region of a machine tool.

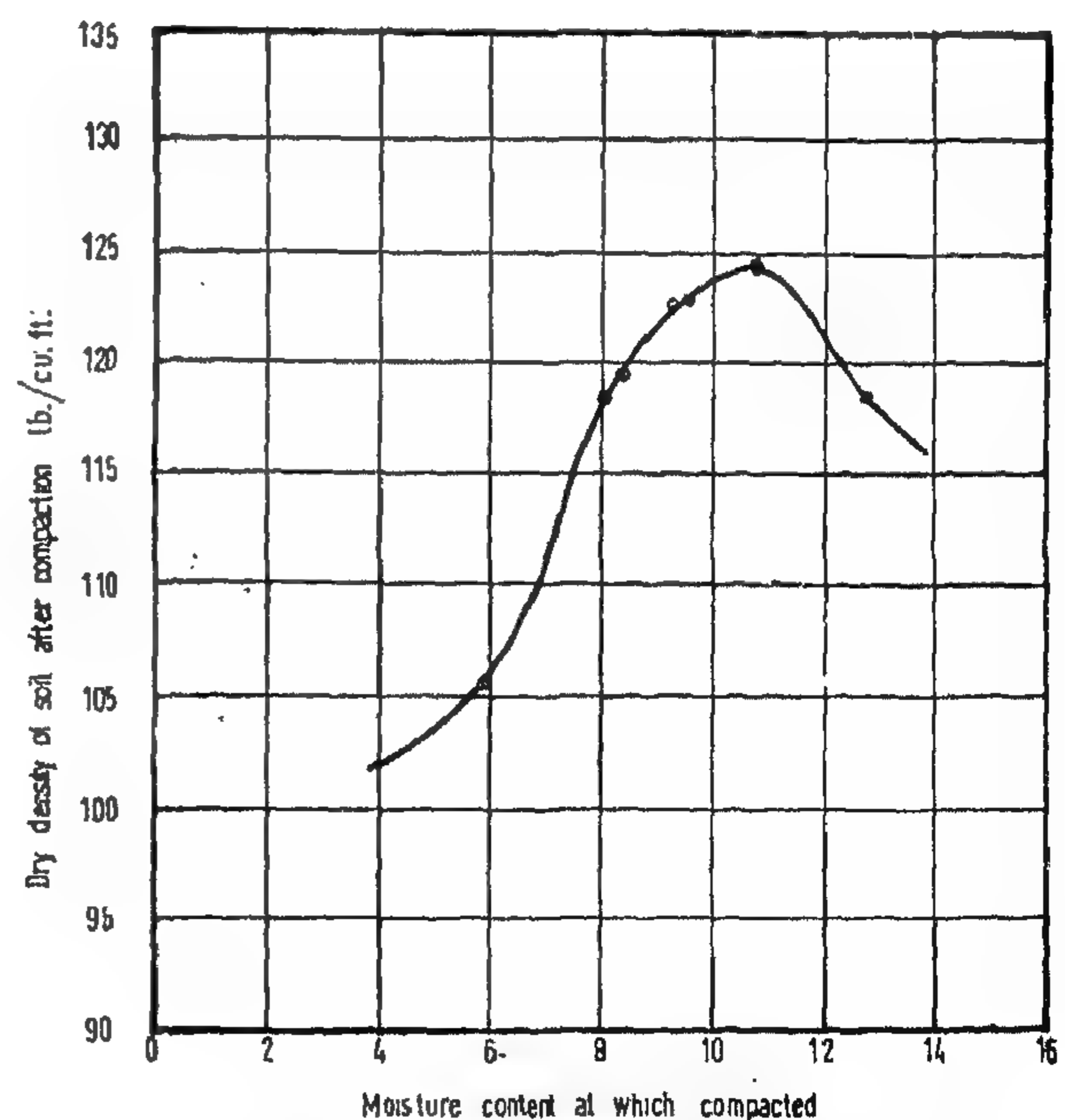


FIG. 7 SHOWING DENSITY OBTAINED WHEN COMPACTING SAND WITH HAND PROPELLED VIBRATING ROLLER AT VARIOUS MOISTURE CONTENTS.

If there is a chance of resonance with some out-of-balance force in the machine and it is to be avoided either to protect the machine or to reduce the dynamic load to the ground, sprung foundation will again have to be used. The springs will generally need to be quite soft compared with the ground (i.e. have a much higher deflection under the weight of the foundation than the deflection of the ground). The ground and the springs are, in effect, two springs in series, of course. But if the ground is very much the stiffer of the two it will play only a small part in determining the stiffness of the whole, so that it can be ignored.

To be effective the springs under the foundation need to have a static deflection sufficiently high to give a natural frequency say one-third of the frequency of the out-of-balance force. Referring to Fig. 4 it will be seen that the amplitude of movement will then be only about one-eighth of the deflection which would be obtained if the peak out-of-balance force were applied to the springs statically.

The actual value of this deflection will of course depend on the total stiffness of all the springs, which, for a given static deflection of the springs, will depend on the total static load on the foundation. To take an example, the peak out-of-balance force might be say 0.1 tons with a frequency of 1320 c.p.m. and the static deflection of the springs say 0.2 in. (corresponding to a natural frequency of 440 c.p.m.). If the total load on the foundation were 5 tons the stiffness of the springs would therefore be 25 tons/in., and the deflection produced by the peak out-of-balance force of 0.1 ton, if it were applied statically, would be 0.004". However, the dynamic amplification is only one-eighth, so that the actual peak de-

flection when the machine is running would be 0.0005". Now if instead of being 5 tons the total weight of the foundation had been 10 tons, the static deflection of the springs supporting it being still 0.2 in., the peak deflection under running conditions would have been, by a similar calculation to the one above, only 0.00025".

Thus the dynamic movement of the machine can be reduced by (a) having relatively soft springs under the foundation and/or (b) increasing the weight of the foundation block. It would be pointed out there is little advantage in making the springs too soft. If for example the 5-ton foundation had been placed on springs with a static deflection of 0.4 in. (i.e. natural frequency 300 c.p.m.) the dynamic magnification (see Fig. 4) would be 0.054. The corresponding amplitude of movement will be 0.00044". This is only marginally less than the value of 0.0005" obtained with springs giving 0.2" static deflection.

There is of course an advantage in using softer springs when it is intended to prevent the out-of-balance force being transmitted to the ground. The peak dynamic force applied to the ground would be 0.0005×25 tons i.e. 0.0125 tons in the case of the 0.2 in. deflections springs and only $0.00044 \times 12\frac{1}{2}$ tons = 0.0054 tons in the case of the 0.4" deflection springs. It will be noted that each of these forces is a considerable reduction on the out-of-balance force of 0.1 ton.

Although a sprung foundation will, as shown above, ensure that there is no resonant build up of the dynamic force at normal running speeds, it has the disadvantage that during starting up or stopping the out-of-balance machine, its speed will for a time coincide with the natural frequency of the springs. At

would probably have been made softer by the water.

The experiments also showed that the natural frequency varied with the shape of the foundation. This is to be expected since the depth to which the bulb of stress penetrates also varies with the shape of the loaded area.

A number of attempts have been made to find by experiment or analysis the natural frequency of foundation ground systems. Possibly the earliest and most quoted investigation was that of the "Degebo" organisation in Germany. They used a contra-rotating disc type of variable speed vibrator mounted on a steel plate. This was bedded on various types of ground in turn and the vibrator slowly speeded up. It was found that resonance occurred at a different speed for each soil type. At this speed the bed plate bounced violently whereas at lower or higher speeds it was relatively still. The resonance speeds for the various soil types were tabulated and have been widely quoted by many other authors as the "natural frequencies" for these particular types of ground. This is completely erroneous, of course. If a much wider or narrower plate with the same load per unit area, or alternatively the same plate with greater or smaller loads on it, had been vibrated it would have been found that the resonant frequency would have varied widely according to the conditions. The Degebo figures are in fact quite meaningless. However, the Degebo tests did at least establish that resonant vibrations can occur.

A number of analytical methods have been suggested for deriving the natural frequency of a foundation ground system by various people (8, 9, 10). Most of these involve making assumptions, not only about the mass of earth vibrating with the foundation, but also of the dynamic constants of the soil. In each case the method of arriving at the effective mass of earth vibrating with the foundation is open to criticism, and in the authors own experiments it appeared from the results that this mass varied as the load on the founda-

tion increased. But the greatest weakness of all the theories is that a value has to be assumed for the elastic constant of the soil or some equivalent parameter. In the author's experience it is just about as easy to guess the natural frequency of a particular foundation on a particular soil as it is to guess the soil constants in the formula.

A method which has received considerable publicity is Tschebotarioff's reduced natural frequency method. The reduced natural frequency of any particular site is defined as the natural frequency of any foundation on that site multiplied by the square root of the load on that foundation. He states that this reduced natural frequency is related logarithmically to the area of the foundation and he produced a graph purporting to show this relationship. However, the experimental points which were claimed to be on the graph were in error by anything up to 100 per cent (this was masked by the logarithmic plotting). Also, most of the points on the graph can be shown to be of very dubious validity if their source is investigated. The author has himself derived the so called "reduced natural frequencies" for a number of sites and plotted them on the Tschebotanoff graph. The points were seldom near to the graph. If the analysis leading to the relationship between the reduced natural frequency and the measured frequency is studied it will also be found that it was assumed that the frequency is proportional to area (width would have been more likely) and that the weight of earth vibrating with the foundation is proportional to the load on the foundation (this is extremely unlikely). In view of this the Tschebotarioff method appears to have very little value.

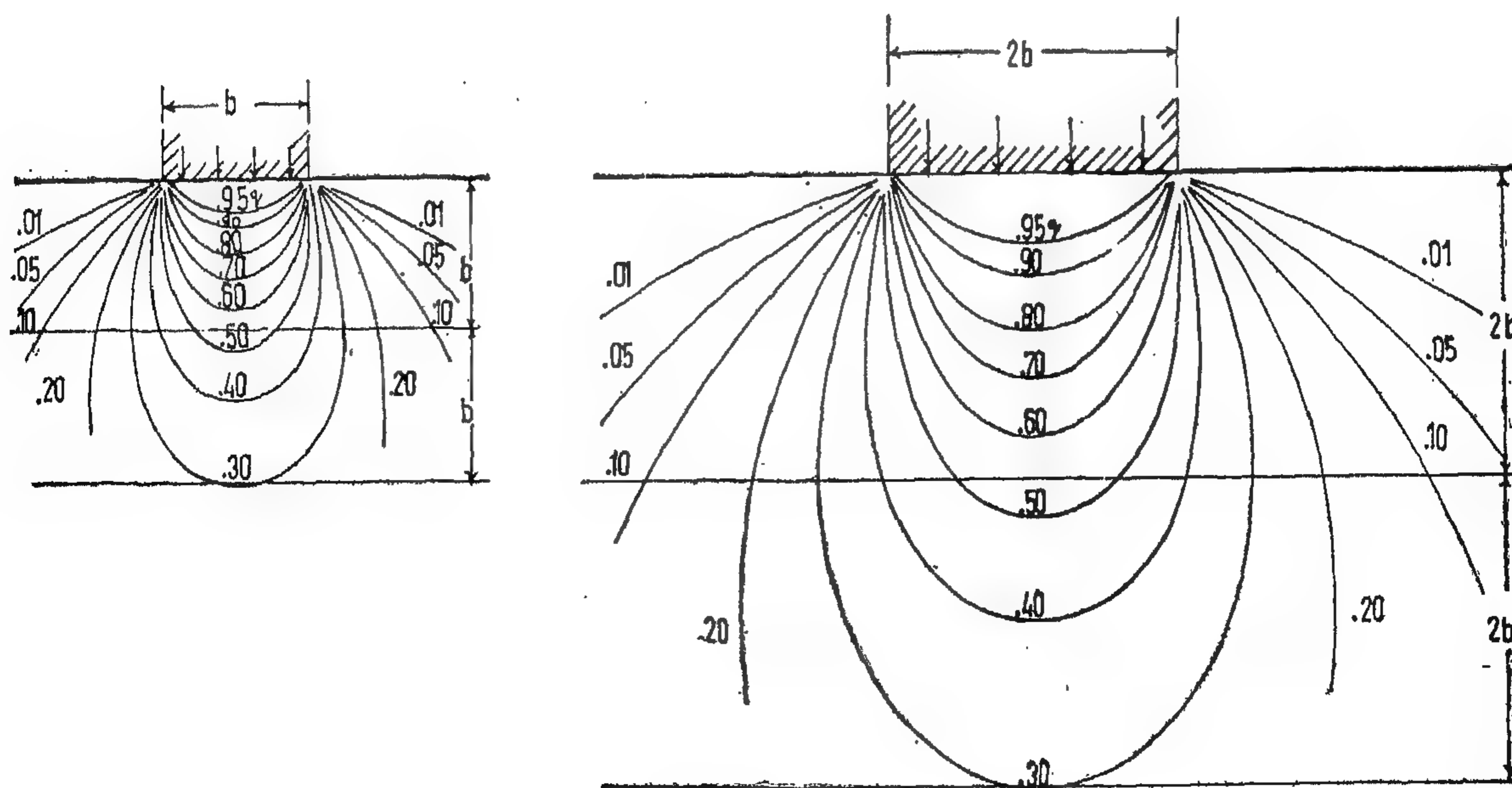
It will be seen from the foregoing that it is still not possible to forecast in advance the resonant frequency of a machine foundation. Experience has shown that generally it will be between 600 and 1400 c.p.m. The higher value will be obtained in dense hard ground with small machines. The bigger the machine and the softer the ground, the nearer will the value be to the lower figure.

Most machines have moving parts which are unbalanced. Sometimes the frequency of the out-of-balance force coincides with the natural frequency of the machine foundation and the ground, and there is resonant build-up. It is not easy to forecast whether this resonance will occur.

The natural frequency of the foundation on the ground will depend on a number of factors the most important of which is the type of ground. The soil or rock is elastic to a certain extent and hence behaves as a spring. The foundation is therefore a spring-borne mass and its natural frequency will be a function of the static elastic deflection. The static deflection depends not only on the elastic modulus of the soil, but also on the stress pattern in the ground. Consider two foundations which are exactly similar in shape but one is twice the width of the other. Each carries the same load/sq. ft. (p say)). The bulb of stress for these two foundations will be as shown in Fig. 6. It will be seen that the depth of ground which is stressed to any given value will be twice as great for the wider foundation as it is for the smaller. Since it is the same material which is being stressed the elastic deflection will be twice as great for the wide foundation. This means that if the weight of soil which is vibrating with the

foundation can be neglected the natural frequency of the narrow foundation will be $\sqrt{2}$ times that of the wide foundation. This variation of natural frequency with foundation width is a commonly observed phenomenon in practice.

The author has also conducted small-scale experiments which clearly demonstrated it. Model concrete foundations were struck a single blow with a hammer causing the foundation to vibrate up and down with the ground. These vibrations were measured using a special pick-up. The vibrations decay very rapidly, of course, but there were sufficient of them to measure the natural frequency. Not only did the natural frequency decrease with increasing foundation width, but it also decreased with increasing load per unit area on the foundation, as would be expected. It was also found that when the ground was completely saturated with water the natural frequency was greater than when the ground was dry. The explanation of this was that water is virtually incompressible, so that when all the spaces between the soil particles are filled with water rather than air the ground becomes much stiffer dynamically. If the loads had been applied steadily instead of in the form of a rapid vibration the ground



are provided the vibration will be reduced, but the movement of the foundation when say an operator steps onto it may be excessive. This movement can be made smaller without destroying the vibration suppression by making the foundation block heavier and increasing the number of springs proportionately so that the static deflection of the springs remains the same. The foundation block will generally be located in a pit with an air space all round and the springs underneath. When increasing the size of the block and pit it is better to increase the lateral dimensions rather than the depth because this reduces the tilting when an eccentric load is placed on the foundation. Alternatively, tilting can be reduced by inserting side control mountings between the foundation and the side of the pit (see Fig. 5). A common form of these consists of

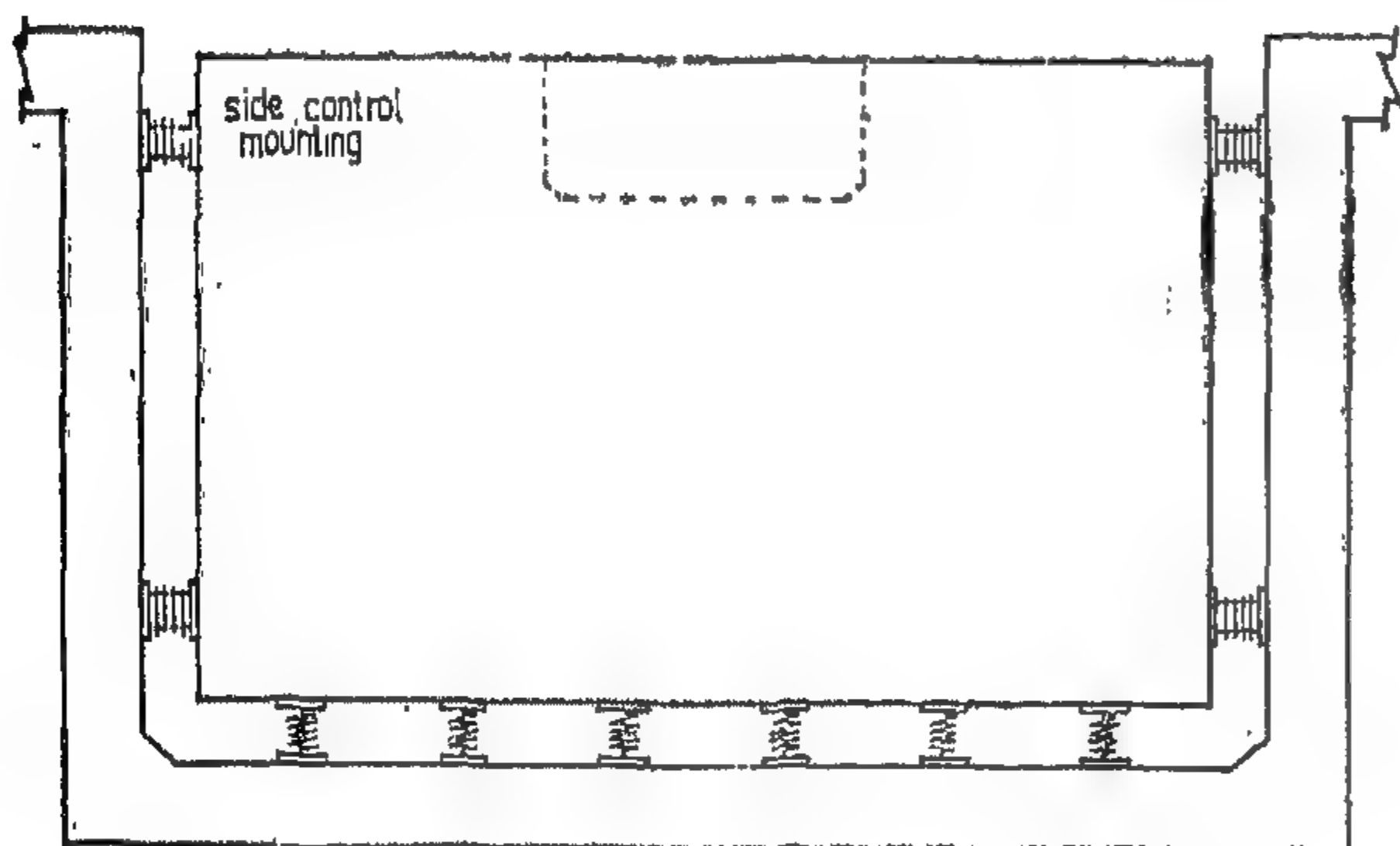


FIG. 5 ILLUSTRATING POSITIONING OF SIDE CONTROL MOUNTINGS TO PREVENT TILTING AND ROCKING

alternating thin slices of rubber and steel bonded together. Rubber has a very high bulk modulus so that the sandwich is not easily compressed, but the rubber chosen has a relatively low shear modulus so that the foundation can shear downward relative to the wall of the pit. If the side control mountings are placed near the top and bottom of the foundation they provide a high degree of restraint against tilting without appreciably affecting the performance of the springs in suppressing the vertical vibration. Side control mountings would not be used of course if the ground vibrations were substantially horizontal rather than vertical (horizontal ones

can be generated by, for example, horizontal forging machines).

It is worth noting that the springs beneath the foundation can be rubber instead of say steel, but a rather higher static deflection is needed for the rubber than for the steel springs because rubber has a higher dynamic modulus than its static value. The rubber springs need to be isolated blocks or of cellular construction rather than a continuous solid mat. Because of its high bulk modulus a solid mat of rubber would form far too stiff a spring. There are a number of manufacturers of proprietary rubber springs of the block or cellular carpet form. The cellular carpets are generally deflected by only a small amount at the recommended working pressures and two or even more layers will need to be used, separated by say a steel plate, to give the necessary static deflection.

Certain proprietary "anti-vibration" mountings are made from rubber-bonded cork or similar materials. These are quite compressible when first loaded but under repeated or sustained loading they develop a permanent set so that the recoverable deflection is much smaller than the initial deflection. It should be noted that it is the recoverable deflection which determines the vibration suppression. In the past the various manufacturers of this type of material have often recommended the use of a continuous layer under the machine to be isolated. The recoverable static deflection under these conditions is so small that protection is only obtained from vibrations of very high frequency, and for lower frequency vibration the mounting may have the opposite effect to that intended. Because the properties of materials in this group are likely to change with time they are not so suitable as steel or the better types of rubber mountings. But if they are used, they will generally be more effective if used in the form of isolated thick pieces of small plan area rather than in thin sheets under the whole of the base.

(b) *Foundation Vibrations Caused by an Out-of-Balance Machine Mounted on a Foundation.*

the frequency of the movement of the ground approaches the natural frequency of the mass

on the spring $\left(\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\Delta}} \right)$ a state of resonance

will be reached and the vibrations of the mass will become very exuberant indeed, so that if there is no internal damping in the system the amplitude of the mass approaches infinity. If the ground movement is speeded up still more the amplitude of the mass begins to decrease and eventually a stage is reached in which the ground is oscillating so rapidly that the spring borne mass cannot follow it and the mass becomes virtually stationary. All this is illustrated in Fig. 4 which also shows the effect of damping on the movement of the mass.

It will be seen that if the natural frequency of the mass on its spring is only say one-third of the frequency of vibration in the ground, the mass moves only about an eighth as much as the ground. Thus, to take an example, if the ground were vibrating with an amplitude of 0.0001" at 1000 cycles/min. and the mass had a natural frequency on its springs of 333 cycles/min. the amplitude of movement of the mass would be

only 0.000125". To give a natural frequency of 333 C.P.M. or 5.5 c.p.s., the static deflection of the springs under the weight of the mass would have to be 0.32 in.

It will be seen from Fig. 4 that any spring support which has a natural frequency less than about 70 % of the frequency of the ground vibration will result in a vibration of the foundation smaller in amplitude than that of the ground. The static deflection of the springs corresponding to this natural frequency of 70 % of 1000 (returning to the example above) is 0.07 in. If the springs inserted under the machine and its foundation have a static deflection of less than 0.07 in., the vibration of the machine will actually be greater than that in the ground which is causing it. Very often relatively thin layers of cork or rubber or fibre board are placed under machines to isolate them from the effects of ground vibrations. Generally these materials are relatively incompressible and their elastic deflection under the weight of the machine is too small to provide an amplitude reduction. Indeed in many cases the vibration of the machine will be slightly increased rather than reduced by this form of mounting.

Where springs which are sufficiently soft

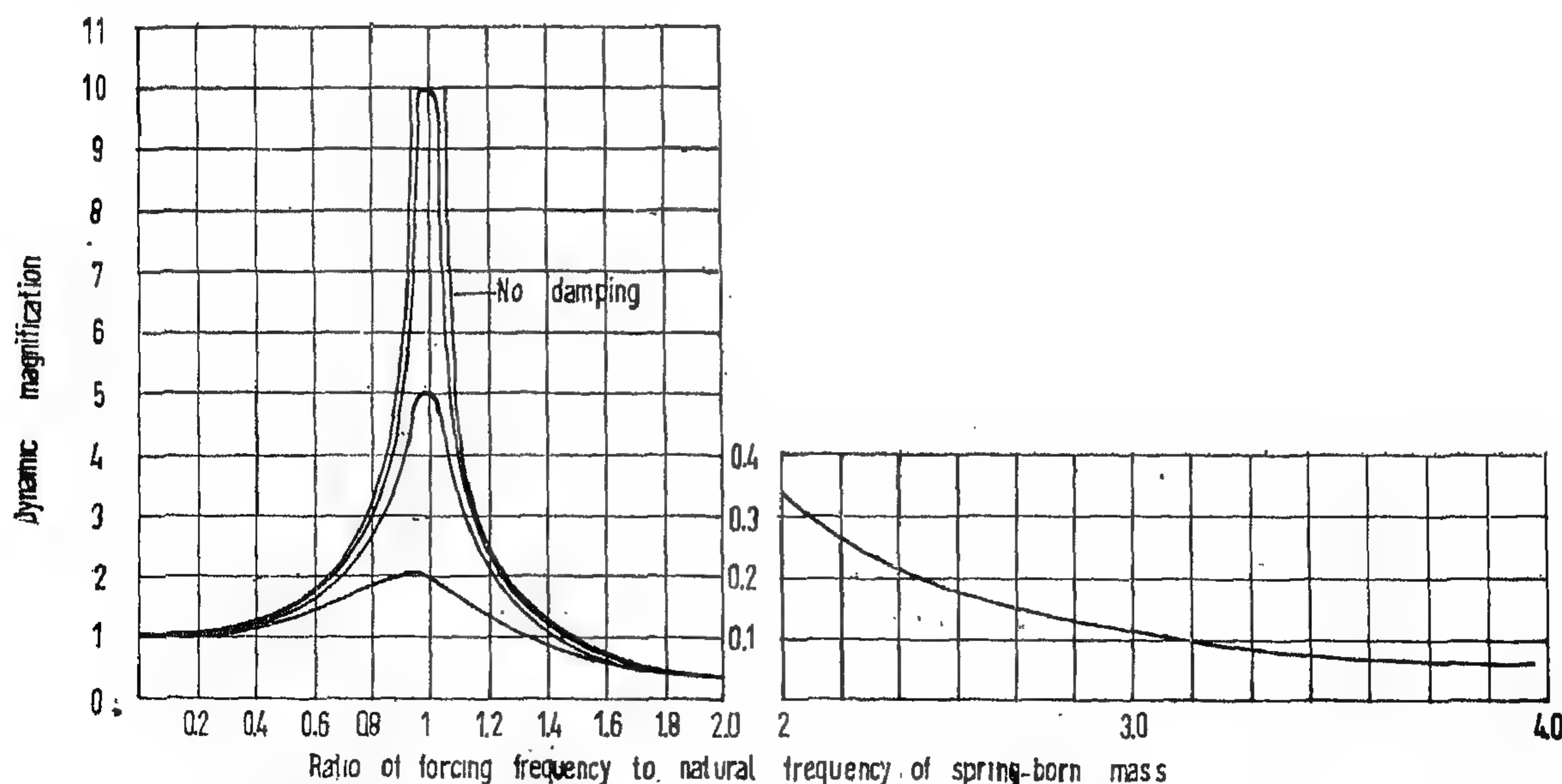


FIG. 4 SHOWING DYNAMIC MAGNIFIER FOR FORCED VIBRATIONS I.E. RATIO OF DYNAMIC MOVEMENT TO MOVEMENT WHICH WOULD BE OBTAINED IF SAME FORCE APPLIED STATICALLY.

in tension: of course and this results in a vertical crack forming in the middle of the side. This crack gradually extends vertically until it eventually reaches right round the block.

Because of this mode of failure it was found that a limestone concrete had a longer impact life than a concrete made with granite or marble each of which had a higher static crushing strength. The Poisson's ratio of the limestone was about 0.2 compared with about 0.33 for the granite and marble.

If reinforcement is used to control the cracking it was found to be better to place it

horizontally half way up the block and near the outer faces, rather than near the top and bottom which are the traditional places.

Another tremendously important factor is the prevention of dust formation at the top of the block. The impact of the anvil tends to gradually break off the latence layer on the top of the concrete in the form of fine dust. Due to the vibrations this dust tends to collect in one place and this forms a high spot where the impact is concentrated. It was found that grinding off the latence from the top of the block could increase the life by up to three times.

VIBRATION IN FOUNDATIONS

A machine foundation may be subject to excessive vibration from either of two causes. There may be a vibration travelling through the ground from some external source which excites the foundation. Alternatively the machine which is mounted on the foundation may generate some out of balance force or couple which causes the foundation to vibrate, with the ground underneath acting as a spring.

(a) *Foundation Vibrations due to some External Source*

It is relatively simple to isolate a machine foundation from a vibration which is passing through the ground beneath it. It is only necessary for the foundation to be separated from the ground by relatively soft springs. The softer the springs the greater will be the degree of insulation, although springs which are too soft can be undesirable in other respects as will be seen later.

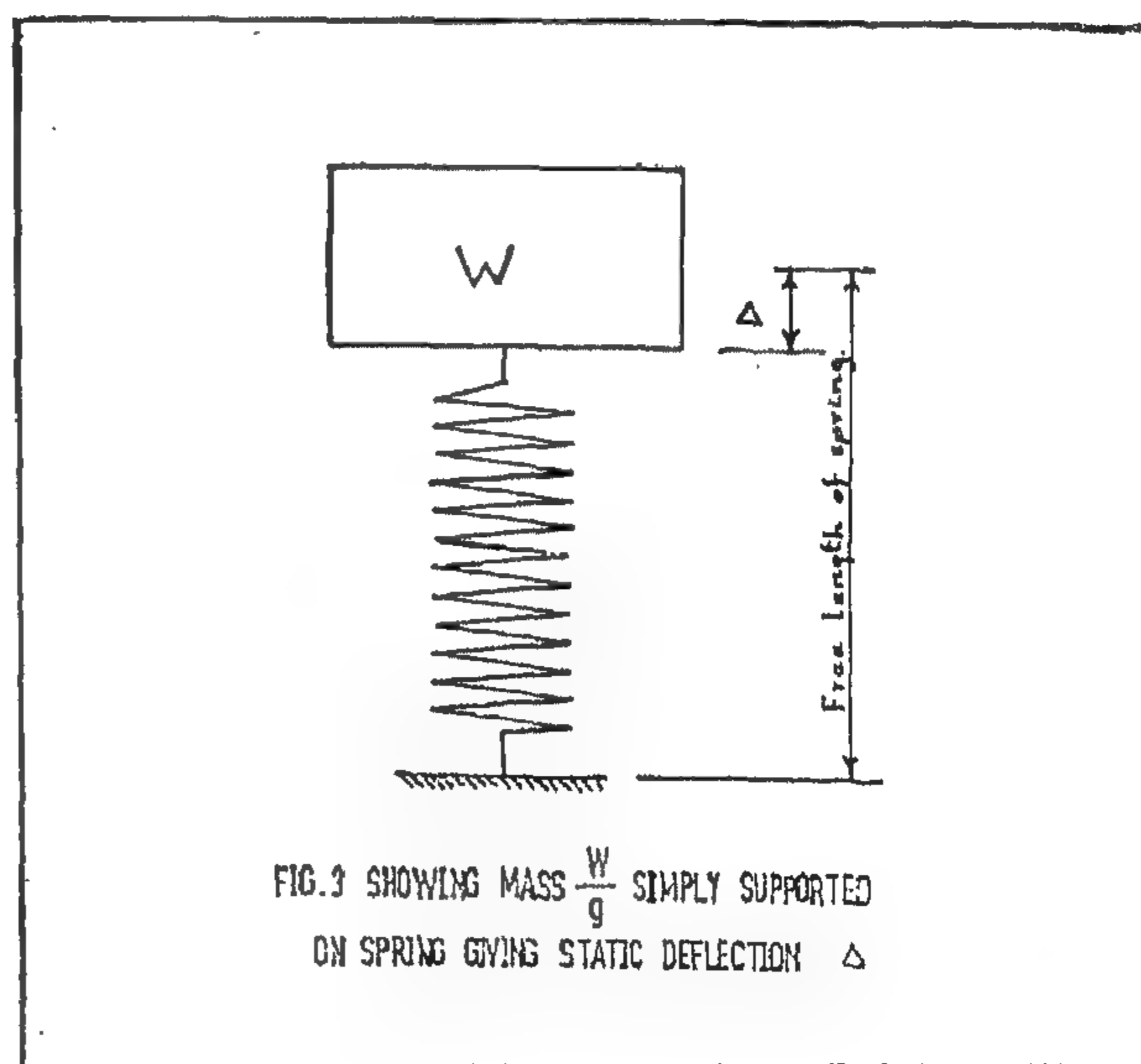
The insulating action of the springs can be explained as follows. Consider a spring born

mass $\frac{W}{g}$ the spring stiffness being such that it deflects Δ under mass $\frac{W}{g}$ as illustrated in

Fig. 3. If the mass is depressed on the spring

and then released it will oscillate up and down with a natural frequency given by

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\Delta}}. \text{ Now if the ground to which the}$$



bottom end of the spring is attached is moved up and down very slowly it will be found that the mass will move up and down with approximately the same amplitude. If the movement of the ground is gradually speeded up but the amplitude is kept constant it will be found that the mass w/g will begin to move with a bigger amplitude than the ground. As

shop floor level. There is a stream just outside the factory and this controls the ground water level within a range of 1 or 2 ft. so that the bottom of the concrete of the foundation is always immersed. The top of the concrete is protected by a layer of asphalt so that the concrete should be permanently under almost 100 % relative humidity conditions. The concrete mix has been designed to give very low shrinkage and it has been reinforced with hot rolled high tensile steel bars. Work which we are doing at Sheffield University has shown that these hot rolled bars are much more effective than mild steel for shrinkage cracking control. They do not exhibit a marked yield characteristic like mild steel and if a microscopic tension crack does develop in the concrete it is less likely to grow into a wide one.

An analysis was carried out, assuming the concrete bed and the soil to form a perfectly elastic beam on an elastic foundation, to find the greatest deflections which will occur as a particularly heavy lathe moves along the production line. The calculated deflections are well within the allowable limits.

The production lines are now in an advanced state of construction and should be in operation later this year.

IMPACT RESISTANCE OF CONCRETE

Another recent field of investigation is that of impact strength of concrete with particular reference to large forging hammers. These forging hammers have a large dropping weight which may be as large as 20 or 30 tons and this hammers the work on a steel anvil weighing ten or more times as much as the dropping weight.

The anvil rests on a concrete foundation block which may weigh as much as 1000 tons for a large hammer.

The manufacturers of the forging hammers usually give very little advice concerning the concrete for the foundation and what advice they do give is often quite contradictory. For example, it is sometimes said that the con-

crete should not be too strong because it becomes too brittle. Certainly there is some evidence to support this view from investigations into the effect of explosives on concrete which was carried out in the 1939-45 war, and it is well known that often less work has to be done in a crushing test to break a high strength concrete than to break a medium strength one (see Fig. 2).

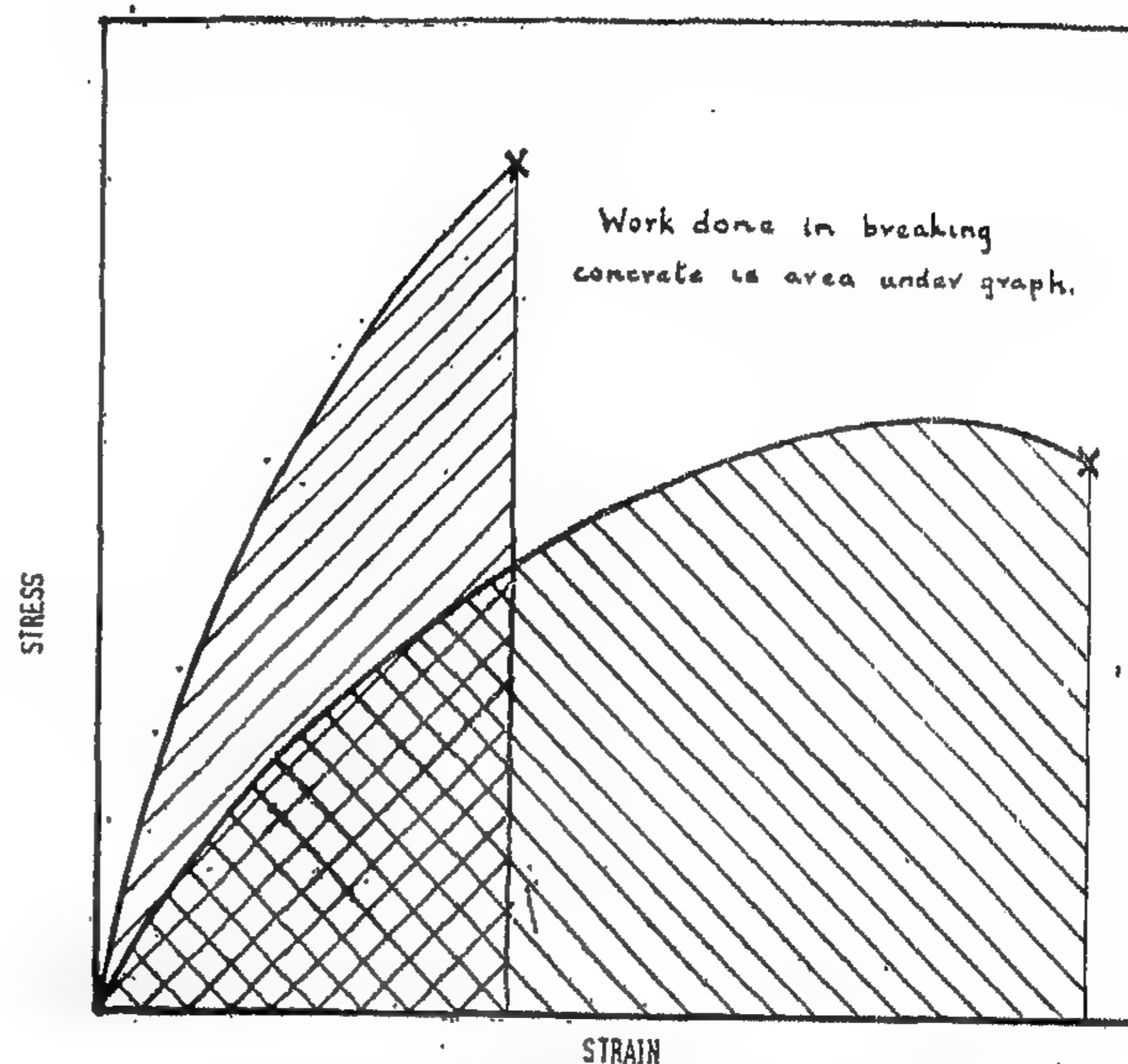


FIG. 2 STRESS-STRAIN GRAPHS TO FAILURE FOR A HIGH STRENGTH CONCRETE AND A MEDIUM STRENGTH CONCRETE LOADED IN COMPRESSION

We have built a tilt hammer in the University to investigate this matter and this has shown that high strength concrete is in fact very desirable.

However, the tests have also revealed that a very important factor is the Poisson's ratio of the stone used to make the concrete. If the aggregate has a low Poisson's ratio the impact life is much greater. The explanation of this is that under the hammer blow the central part of the concrete block is placed in a high state of compression. This results in the centre of the block shortening in the vertical direction, but due to the Poisson's ratio effect the concrete expands laterally. The concrete near the outside of the block is not compressed by the blow, but it will be stretched horizontally and placed in a state of horizontal tension by lateral expansion of the internal concrete. Concrete is relatively weak

seasons, and the depth to which the top of the block is dried out by the atmosphere will also change. A better way to construct the block, therefore, is to line the foundation excavation with a thin wall (say brickwork) on which is placed asphalt "tanking" say $\frac{3}{4}$ in. thick. The foundation block is then placed inside this tanking. Sufficient time must then be allowed for the foundation to dry out completely before mounting the machine on it. Moisture movements due to water drawn from the ground will thus be obviated. The outer lining of the pit must be of relatively weak construction of course, or it may tend to distort the inner foundation.

The block, if constructed in this way, will still be subject to temperature movement, of course, because the bottom of the block will be at the ground temperature whilst the temperature at the top will fluctuate with that in the room. As pointed out earlier this effect can be minimised by using a free-standing foundation set in a pit, with an air space all round and also underneath for as much of the length as possible. Provided that the relative humidity of the atmosphere can then be kept within the range at which moisture changes are a minimum (35 to 50 per cent) movements will be very small. They can also be reduced by painting the free-standing foundation block with bitumen or other suitable paint to prevent moisture content changes.

Steel reinforcement in the foundation block will also help because the steel will resist moisture movement, and of course the advice given earlier about the concrete mixes should be observed.

I have recently had the interesting task of helping with a very special form of precise foundation of very considerable length.

As most of you will know the traditional way for the manufacturers to assemble a machine tool such as a lathe is to build it in the middle of the floor, the various parts being carried to the machine as they are needed. This is reminiscent of the methods used in the

early days of the motor car industry. Production line methods with the lathes being built up as they move along a conveyor, have not been possible because any normal form of conveyor would not be sufficiently free from distortion and this would prevent the lathe from being accurately constructed.

My clients were particularly anxious to have the advantage of production line methods and we have, I think, got a very satisfactory solution to their problem. The lathes will be mounted and built, not on a conveyor, but on a very rigid concrete raft. Each raft is rather bigger in plan than the lathe it has to carry and has a very rigid cast iron frame to limit distortions as the weight of the lathe is applied to it. The raft moves along the production line, not on wheels but on a hydro-flow track. The principal of this is that oil flows under pressure through a very tiny capillary opening in a carefully machined bed. When no raft is over the opening the oil merely discharges to atmosphere and eventually drains back to a sump to be used again. The raft has machined shoes which float on the film of oil emerging from the holes beneath the shoe. The rafts move along the production line nose to tail, a hydraulic ram at the starting end providing the motive power.

Each of the production lines is some 300 ft. long and the hydro-flow bed has to have a degree of accuracy of alignment which has probably never been called for in any previous project. The lathe frames moving along the line must not depart from true alignment by more than a fraction of 0.001 in. in 10 ft. length and there must also be a freedom from twisting in excess of about 5 second of angle in a length of 10 ft. Setting up a bed with this order of accuracy involves very advanced survey techniques as well as quite formidable problems in concrete technology and soil mechanics.

The concrete foundation has been taken down to some gravel deposits which vary in depth between about 8 ft. and 16 ft. below

the concrete will be trying to shrink relative to the bottom.

So far as Egyptian conditions are concerned the relative humidity may often be about 40 % for long periods in the summer, whereas it will be nearer 100 % during rainy weather. The moisture movements are likely to be just about as great as in the U.K. therefore.

Best form of foundation to avoid moisture movements.

Due to the shrinkage at the top a normal type of foundation block will be trying to curl up and produce a concave upper surface. This is clearly undesirable for a machine which has many points of support.

There is no information available concerning the moisture content variation with depth for the concrete block but if a linear variation of shrinkage from top to bottom of the block is assumed the curvature and departure from the straight can be calculated. For a 10 ft. long by 2 ft. deep foundation in which the unrestrained shrinkage would be 0.0005 in. per in. of length, the radius of curvature adopted would be 400 ft. and the departure from the straight will be 0.0375 in. In some machines a departure of one per cent of 0.0375 in. from the straight might be intolerable so that the moisture movement associated with quite small changes of humidity would be a serious matter.

Our work at Sheffield is showing that the time taken for shrinkage due to moisture gradients in a concrete block to develop is much greater than was previously suspected. Some previous experiments in which we investigated the change of Young's modulus and the dynamic damping of concrete had shown that beams of quite large cross-section lost most of their moisture content in 3 or 4 days if exposed to the atmosphere in the laboratory. Correspondingly the major part of the change in Young's modulus also took place in only 3 or 4 days.

The shrinkage tests have shown that,

although the shrinkage specimens also lose perhaps 90 % of their free water in 3 or 4 days there is very little shrinkage during this period. Most of the shrinkage is associated with the loss of the last few per cent of the water, which is only extracted from the concrete at a very slow rate. Thus a slab of concrete only 5" thick which was coated with bitumen on the under side to prevent evaporation was still curling up after 28 days. Straightening out (indicating that the bottom was now shrinking faster than the top) didn't start until nearly 2 months after the tests commenced. These experimental slabs are stored in a temperature of 65°F and 40 % relative humidity.

Because climatic conditions particularly the humidity vary very rapidly in the U.K. and the average value is also high, it may well be that we have less cause for worry so far as shrinkage is concerned than you have in Egypt where for many months the humidity may be very low continuously followed by a period when the humidity is relatively high.

There would clearly be advantage in making the block deeper. Firstly, it would be likely that only a relatively thin slice at the top of the block would be dried by the atmosphere during a dry period and all the lower part would remain damp. The relatively thin section which was subject to moisture movements would not be capable of deforming the rest of the block to such a high degree. The second advantage of the deep block would be that for a given change in length of the top of the block relative to the bottom the curvature taken up by the block would be smaller. The departure from the straight must also be smaller, therefore. Transverse slots across the top of a deep block would also reduce the effect of fluctuations which only penetrate to a shallow depth.

Clearly, a foundation block buried in the ground must be far from perfect in cases where a highly stable foundation is required, because the moisture conditions in the ground under the block are likely to change with the

necessary to reduce the size of aggregate for a thin layer at the surface. If the mix is changed it is important that this be a thin layer to avoid distortion due to differential shrinkage.

Stone type is also important because some rocks have a higher modulus and are better able to resist the shrinkage stresses set up by the mortar. It has been reported that dense quartz gravel, felspar and limestone give small shrinkage, granite is intermediate and slate and sandstone give large shrinkage. The position of granite in this list is a little surprising since it has a high modulus, but it may well be that the value refers to granite particles which are flake shaped rather than cubical. Most crushed granites aggregates are flakey and it may be that these do not compact so closely together in the concrete mix as in the case of a more rounded or cubical stone. This will increase the amount of mortar separating them and this increase the shrinkage.

Dolorite rocks are liable to shrink very considerably and this has recently resulted in failures of prestressed units in the U.K. due to loss of prestress.

It has been suggested that in order to reduce the amount of mortar separating the stones there are advantages in tipping the coarse aggregate into the formwork first and then grouting up with an appropriate cement grout. This technique has been used on a number of occasions. However, the disadvantages of this procedure is that although additives can be used to make the grout flow easily the water/cement ratio has to be very high to ensure complete penetration into the stone mass. This inevitably means large contraction in the matrix between the stones and it seems to the author that the resultant moisture movement of the whole mass may be as much as for ordinary concrete. Further evidence is needed on this point.

It should also be mentioned that certain additives when added to cement can cause it to expand when setting. By controlling the

amount of additive the permanent shrinkage can be reduced to zero. However, the resultant concrete is still subject to moisture movements after the concrete has completely hardened. Since the permanent shrinkage will usually have taken place before a machine tool is placed on its foundation there appears to be little advantage in using additives to get rid of it.

(iii) *Moisture Conditions for a Normal Foundation.* A normal form of foundation which embedded in the ground will be subjected to nearly 100 % humidity conditions for most of the time at the faces which are in contact with the moist ground. The upper face will be subjected to varying humidities as conditions change in the workshop. Fluctuations of a few hours duration will not cause changes of any consequence in the moisture content with the depth of the foundation block and we need only consider mean humidities over a period of say 24 hours or longer.

In the United Kingdom during the summer months there will be little artificial heating in a normal workshop so that the relative humidity will approximate to that outside. Generally the 24 hours mean relative humidity in the summer has been found (Meteorological Office records at Kew) to be rarely less than 60 %. This figure is reached on only 12 occasions per year on the average and it occurs on successive days only about twice per year. Thus it would seem that 60 per cent humidity in the workshop is the lowest that need be considered in Summer. On the other hand, although the relative humidity outside is highest in winter the air is raised in temperature by some 30° say inside the workshop. A relative humidity of 85 per cent at 40°F becomes 28 per cent when the same air is raised to 70° indoors. In Fig. 6 it was shown that moisture shrinkage was greatest when the relative humidity was about 40-45 per cent. It seems likely therefore that there will be many occasions in say spring and autumn when the relative humidity will be at about the most critical value. The top of

high humidities in its early life it will have inherently less shrinkage than a concrete carbonated at relatively low humidity. The difference in behaviour is probably due to the formation of different crystalline forms under the two different curing conditions.

(ii) *Magnitude of movements.* The amount of shrinkage associated with the setting of concrete and drying to equilibrium in an atmosphere of 50 % relative humidity will generally be between 0.04 % and 0.07 % but may be as high as 0.25 % depending on a number of factors. These limits correspond to changes in length of between 0.48 in. and 3 in. per 100 ft. Fortunately, most machines will be placed on a foundation which has already hardened and is probably largely dried out. Thus the moisture movement which occurs after installing the machine will be no more than a small fraction of the figures quoted above. Nevertheless it will in many cases be far more than is desirable or even tolerable.

The magnitude of the moisture movement is affected by many factors which are under the control of the foundation designer, and the total movement can be kept to a minimum by using an appropriate concrete mix and construction technique.

Since most of the shrinkage originates in the mortar between the stone aggregate it is clearly desirable to reduce the amount of mortar. A lean-mix concrete with as little cement as possible compatible with the attainment of adequate strength should always be used. A 1:2:4 mix will give sufficient strength for most purposes and it may even be possible to use a leaner mix than that in many cases.

A wet mix is also undesirable since the total volume of water-filled pores which will contract on drying is greater. As is well-known, a dry mix is also a strong mix provided that it is properly compacted, so there is added incentive to keep the water/cement ratio as low as possible.

The size of coarse aggregate is also important. If a large stone, say 1½ in. or even 2 in. maximum size is used the stones are much more likely to be in direct contact with each other and the amount of mortar separating them will be reduced. Since most of the shrinkage occurs in the mortar it too will clearly be reduced. It is also true that for a given crushing strength a concrete made with large coarse aggregate will generally need less cement and sand. If advantage is taken of this also the effects so far as shrinkage is concerned will be cumulative.

Table 1 shows some typical shrinkage values for mixes containing aggregates of various maximum sizes and with different water contents. The "slump" refers to a well-known test in the U.K. which I presume you use in the U.A.R. to determine the workability of the concrete after mixing. A 2 in. slump is probably about average for reasonable good concrete whilst a 6 in. slump represents an undesirably wet concrete. Such a large slump will not produce a high grade concrete but it is still used quite often unfortunately.

TABLE 1

Shrinkage Values for Various Concretes.

aggregate	slump	shrinkage
¾"	2	0.00063
	4	0.00071
	6	0.00079
1½"	2	0.00044
	4	0.00050
	6	0.00056
2"	2	0.00037
	4	0.00041
	6	0.00045

It will be seen that the driest mix with 2 in. maximum size aggregates shrinks less than half as much as the wettest mix with ¾" aggregate. The large aggregate has the disadvantage that it is not easy to obtain a smooth screeded surface to the concrete. Where a good surface finish is essential it may be

permanent shrinkage by an amount called the "moisture movement". Every time the moisture content of the concrete changes during its lifetime there will be a change of volume to the appropriate place in the moisture movement range.

The permanent shrinkage is a vital feature of reinforced concrete since it is this which causes the concrete to grip the steel bars firmly. Forces applied to the concrete are transmitted to the steel, and the strains in the steel bars change along their length to match the strain in the surrounding concrete. The permanent shrinkage is not of great consequence so far as creating movements in a machine tool foundation is concerned provided that the machine is not mounted on the foundation before the hardening process in the concrete is substantially complete (a month after casting say). It will be dismissed briefly, therefore, by saying that the cause of it is that as water combines chemically with the cement during the hardening period the volume occupied by the cement and water after combination is less than that before combination. The cement "gel" as it shrinks, pulls on the surrounding stone aggregate and there is a general contraction of volume.

The nature and causes of the "moisture movement" are complex. If a sample of concrete which is initially saturated is air-dried at different humidities and a graph plotted of the shrinkage obtained for each humidity a relationship of the form shown in Fig. 1 is obtained. It will be seen that the maximum shrinkage does not generally occur when the concrete is air-dried at a very low relative humidity. In general it occurs at relative humidities in the region of 40 %, but this will vary with the proportions of the concrete mix, the type of cement, the type of aggregate and whether the hardening of the concrete was very advanced before drying commenced.

Freyssinet put forward an explanation of the shrinkage mechanism. He assumed that

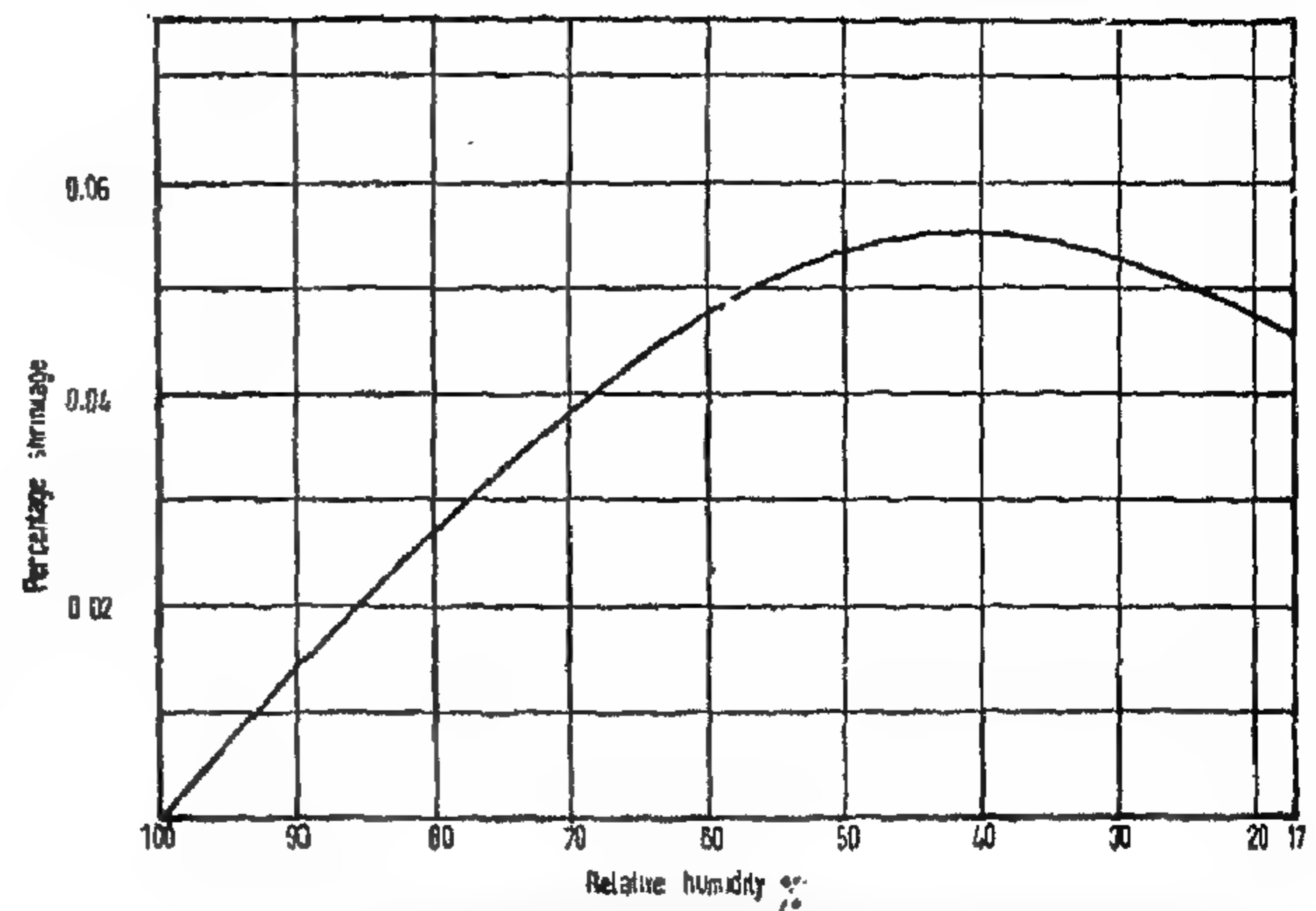


FIG. 1 RELATION BETWEEN SHRINKAGE OF CONCRETE AND HUMIDITY AT WHICH IT IS EXPOSED

as water evaporates the larger capillaries within the concrete will lose their water. At each end of the capillaries which are still filled there will be a radial surface tension force pulling at the walls. There will be such an enormous number of these tiny capillaries that their combined effect will be to cause the concrete mass to contract.

If this explanation were a complete one the concrete should start to expand again when the moisture content reaches such a low value that not enough capillaries have water in them to produce the necessary surface tension forces. When the concrete becomes completely dry the concrete should return to exactly the same volume that it occupied when fully saturated. It does not do this.

An explanation put forward by Kalousek (1) is that at a very low humidities the drying of the concrete proceeds to the state when some of the absorbed water in the cement gel is lost and this produces a very pronounced tendency to shrinkage. This shrinkage is sufficient to nullify a large part of the expansion which is tending to occur due to the emptying of the capillaries.

It is certain that other factors enter into the matter as well. For example, considerable changes in the shrinkage characteristics can be attributed to carbonation of the concrete by atmospheric carbon dioxide. If the concrete is exposed to carbon dioxide at relatively

undertaken by one of your countrymen who is working with us for a Ph.D. degree.

Some parts of my talk will deal with information which is well-known to Civil

Engineers and some with information which is well-known to Mechanical Engineers. But I hope that all Engineers present will find something new in it.

CONCRETE FOR FOUNDATIONS

Concrete is an excellent foundation material for machine tools in many respects. It has very adequate strength, is cheap and easy to make, and can be cast to any desired shape with appropriate fixings for the machine.

Nevertheless, it has some undesirable properties in that it changes its length very markedly with changing humidity and also to a smaller extent with temperature, although this latter is not so serious in many cases since the machine tool will also be responding to temperature changes. Probably because of these factors it has often been found necessary with very accurate machines to house them in controlled atmospheric conditions, although the stated object usually seems to be to control changes in the machine itself rather than in the foundation. The following discussion will show how important changes in the foundation may be.

VOLUME CHANGES IN CONCRETE

(a) *Movements due to temperature change.* Temperature movements in the concrete foundation are probably much smaller than those due to other causes discussed later, but because they are simpler in character they will be dealt with first.

The coefficient of linear expansion of concrete made from granite or other igneous rocks is about 0.000010 in. per in. per °C. Some considerable variations from this figure have been reported for other types of aggregate. For example, quartz gravel can give a value between 0.000012 and 0.0000145 whilst the value for a limestone concrete may be as low as 0.000006-0.000008. The coefficient is generally fairly close to that of steel (0.000011) so that a similar temperature change in the foundation and the machine

will not result in the foundation imposing much restraint on the machine frame. However, the major part of the foundation block is embedded in the ground and this will prevent the exposed part from responding to short term temperature fluctuations. This may well result in horizontal shearing reactions at the holding down bolts which could distort the machine. The amount of the probable distortion can be gauged from the fact that the machine will expand about 0.25 in. per 100 ft. length for a change of temperature of only 20°C.

If the effects of temperature are to be a minimum it is desirable to use a foundation concrete made from granite or quartz gravel aggregate which will give an expansion coefficient close to that of steel. It would also help greatly if the foundation block could be constructed in a pit so as to leave an air space all round it. The gap between the pit and foundation would have to be covered with chequer plate, preferably of the open type so as to allow free circulation of air to keep the foundation block at the same temperature as the machine tool.

Transverse slots cut in the top of the concrete foundation will also reduce temperature warping.

(b) *Movements due to moisture change and setting shrinkage.*

(i) *Causes of movement.* If new concrete is allowed to dry out completely after hardening it shrinks by an amount known as the "initial shrinkage". If the concrete is then rewetted by say immersing in water it expands, but does not regain its original volume. It will be smaller than its original volume by an amount called the "permanent shrinkage".

The initial shrinkage is greater than the

STABLE FOUNDATIONS FOR MACHINE TOOLS WITH PARTICULAR REFERENCE TO MOVEMENTS IN THE SOIL AND CONCRETE

Lecture by

Dr. W. EASTWOOD, Ph.D., M.I.C.E., M.I.Str.E.,
Senior Lecturer, Sheffield University.

Mr. Chairman, Gentlemen,

First may I say how pleased I am to break my journey in Cairo for a few days to give this lecture. I feel very honoured indeed to have been asked and am thoroughly enjoying my visit here.

My talk will, I hope, be of interest to both Mechanical Engineers and to Civil Engineers. Machine tool foundations generally do not need any special treatment to give the degree of stability required by the machine. Only in the case of very accurate machines or ones of unusual size need special precautions be taken to limit the movements due to changes in length of the concrete or to shrinkage or swelling of the underlying soil. Sometimes too there may be the necessity to protect the machine and its foundation from vibrations in the ground.

Strangely, it seems that only very rarely has the Mechanical Engineer called in the type of Civil Engineer who is highly skilled in matters concerning micro-movements in the soil and concrete to help solve his problems.

I had very little experience of the special foundation problems of the precision machine tool industry until some two or three years ago. In Sheffield University I had been engaged on work concerning the shrinkage of concrete and the factors which affect it, on problems concerning soil mechanics and had also for some years advised at home and abroad on anti-vibration foundations for large forging hammers, motor generator sets, etc... Because of this special experience I was approached by a firm of machine tool manufacturers to advise on the foundation for a large precision grinder which was shortly to be moved from a site where it had not worked successfully to a new location.

The machine was intended to carry out only one operation. It was owned by a cellophane manufacturing firm and it had to grind two knife edges between which sheets of cellophane were to be extruded. The cellophane is eventually used mainly for wrapping packets of cigarettes but it is made in continuous sheets about 10 ft. wide. The sheeting is as thin as 0.001 in. so that the two knife-edges were to be set parallel to each other and only 0.001 in. apart. Experience had shown that if due to inaccuracies in grinding the knife edges departed by about 0.0001 in. from the straight line the cellophane broke or deformed.

Although the grinder will only be used to grind these knife edges, the owners were going to the expense of installing it at a site well out in the countryside close to a river estuary in a new building specially constructed. It was known that there was slight ground vibration from a nearby railway, but it was not until the construction of the building was started that it was discovered that there was a further complication in that the ground was a very weak loose silt overlying wet clay.

Whilst acting as adviser on this project I was asked if I could give general advice which would be of use to the whole machine tool industry. The report I wrote is really the basis of my lecture this evening although I have added new information concerning shrinkage of concrete and on impact strength of concrete which we have recently obtained in our investigations at Sheffield, and have taken out a great deal concerning soil mechanics because it would be already well-known to an audience of Civil Engineers. I am pleased to say that part of the research on concrete which I shall mention is being

Boiling point at 0.01 mm 158-160°C.

Melting point not sharp.

It was further tried to prepare the Grignard compound of trimethyl-p-chlorobenzylsilane using Dioxan as solvent and under the addition of a particle of iodine. No reaction took place even under reflux boiling at 101°C.

Reaction of p-chlorobenzyl chloride with Dimethyldichlorosilane:

32.2 g (1/5 mol) p-chlorobenzyl chloride were dissolved in 200 cc of absolute ether and dropped slowly on 9.72 (2/5 mol) magnesium turnings. The reaction was started by a slight warming. After addition of all the p-chlorobenzyl chloride solution, the content of the flask was boiled under reflux during half an hour. Hereafter 104 g (2/5 mol) dimethyldichlorosilane, dissolved in 100 cc absolute ether, were added slowly. The heat of reaction brought the ether to boil. Here also a white precipitate of magnesium chloride was formed and it was also noticed that half of the magnesium remained in the flask, indicating that in this reaction too only one atom of chloride reacted with magnesium.

The residue, after filtration and evaporation of the ether, was distilled under a pressure of 25 mm mercury giving a fraction boiling at 143-145°C under the mentioned pressure. This fraction is denominated hereafter as SH1.

Another fraction was obtained at 159-161°C when distilling the rest of the residue at 0.01 mm of mercury. It solidified after cooling to a white substance melting at 63°C and was identified to be Bis-p-chlorobenzyl dimethylsilane (SH2).

Yield of Dimethyl-p-chlorobenzylchlorosilane (SH1) = 15.2 g

Yield of Bis-p-chlorobenzyl dimethylsilane (SH2) = 5.7 g

Analysis and physical data of Dimethyl-p-chlorobenzylchlorosilane

	Found	Calculated for
Si	11.86 %	12.80 %
C	50.00 %	49.32 %
H	5.77 %	5.47 %
Cl	31.45 %	32.35 %

Boiling point at 25 mm of mercury : 143-145°C

Analysis and physical data of Bis-p-chlorobenzyl dimethylsilane :

	Found	Calculated for
Si	8.6 %	9.07 %
C	62.09 %	62.13 %
H	6.09 %	5.86 %
Cl	23.15 %	22.92 %

Boiling point at 0.01 mm: 159-161°C

Melting point : 63°C

Literature :

- A. Bygden : Z. Phys. Chem. 90, 246 (1915).
 Gilman & Marshall : J. Amer. Chem. Soc. 71, 2066 (1949).
 F. A. Henglein, G. Abelsnes : Die Makromolekulare Chem. 24 (1957) 1-24.
 A. Bygden : Ber. 45, 707 (1912).
 A. D. Petrov, E. A. Chernyshev, M. E. Dolgaya : Zhur. Obshchei Khim. 25, 2469-74 (1955), C.A. 49, 10166 f ; 50, 9319 a (1956).

PRACTICAL PART

The reactions described hereafter and all the operations related to them were carried out in absolutely dry flasks, the opening of which were protected with drying tubes. These precautions had to be taken because of the great sensitivity to hydrolysis of the end products and some of the starting materials.

The used starting substances and solvents were absolutely dry.

All reactions were carried out in three neck flasks provided with stirrer, dropping funnel and condenser protected with a drying tube.

Trimethylchlorosilane and Dimethyldichlorosilane.

These products were kindly offered for this work by the Farbenfabriken Bayer in Leverkusen. They were distilled and the following fractions of the distillate used :

Trimethylchlorosilane : Fraction distilling at 57°C NTP

Dimethyldichlorosilane : Fraction distilling at 69-70°C NTP.

Reaction of p-chlorobenzyl chloride with Trimethylchlorosilane:

32.2 g (1/5 mol) of p-chlorobenzyl chloride were dissolved in 200 c.c. of absolute ether and added drop by drop to 9.72 g. (2/5 mol) magnesium turnings. The reaction was started by a slight warming.

The addition of the p-chlorobenzyl chloride solution was regulated to keep the reaction going by itself.

After addition of the total quantity of p-chlorobenzyl chloride, the content of the flask was boiled for half an hour under reflux, then 43.2 g (2/5 mol) of trimethylchlorosilane, dissolved in 50 cc of absolute ether, were slowly. A white precipitate was formed (magnesium chloride).

It was noticed that half of the magnesium was not used in the reaction indicating that only one chlorine atom was converted into the Grignard compound.

After filtration and evaporation of the ether, the residue was distilled first under a pressure of 55 mm mercury, yielding a distillate with a constant boiling point of 138°C, which was identified to be p-chlorotrimethylbenzylsilane (1) denominated hereafter as SH4. The rest of the residue was further distilled under a pressure of 0.01 mm mercury yielding a fraction with a boiling point of 158-160°C at the mentioned pressure and which solidified to a waxy substance (SH3).

Yield of Trimethyl-p-chlorobenzylsilane (SH4) = 11.08 g.

Yield of p-chlorodibenzyl (SH3) = 4.24 g. Analysis and physical data of (SH3) :

	Found	Calculated for $\text{Cl}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{Cl}$
Si	non	non
C	66.08 %	67.22 %
H	5.32 %	4.83 %
Cl	25.42 %	28.34 %

(1) A. D. Petrov, E. A. Chernyshev and M. E. Dolgaya : Zhur. Obshchei Khim, 25, 2469-74 (1955) and C.A. 49, 10166f ; C.A. 50, 9319 a (1956).

ORGANIC SILICON DERIVATIVES OF BENZYL CHLORIDE

by

Dr. HUSSEIN CHERIF SHARAF

*Lecturer, Dept. of Mathematical & Physical Sciences,
Faculty of Engineering, Ein Shams University.*

The following work has been carried out by the Author in the laboratory of the Technical High School, Karlsruhe—Germany—under the supervision of Professor Dr.h.c. F. A. Henglein, who gave his kind permission for publication under the Author's name.

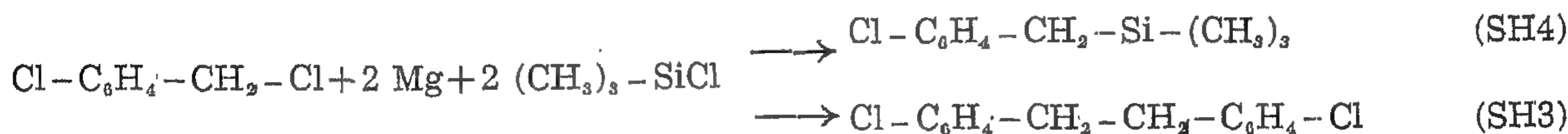
S U M M A R Y

I. — Reaction of p-chlorobenzyl chloride with Trimethylchlorosilane

It was tried to let the two chlorine atoms of p-chlorobenzyl chloride react with magnesium according to Grignard and to bring the obtained Grignard compound into reaction with trimethylchlorosilane. It was noticed, that when working with diethylether as solvent, only the chloride atom of the side chain reacted with magnesium whereas the chlorine in para position did not.

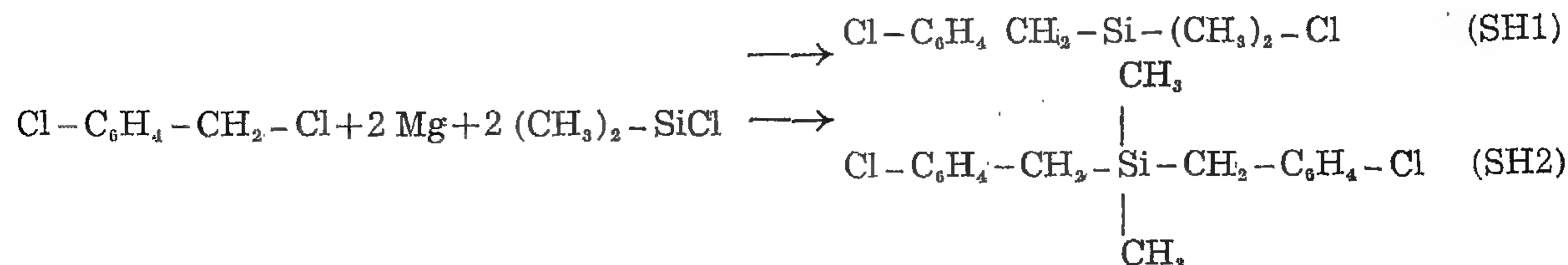
The distillation of the reaction products gave a liquid and a solid amorphous substance which were identified to be :

para chlorodibenzyl (SH3) and trimethyl-p-chlorobenzylsilane (SH4)



II. — Reaction of p-chlorobenzyl chloride with Dimethyldichlorosilane

According to the same idea it was tried to use dimethyldichlorosilane instead of trimethylchlorosilane. In this case also the chlorine atom of the side chain only reacted with magnesium giving dimethyl-p-chlorobenzyl-chlorosilane (SH1) and bis-p-chlorobenzyl-dimethylsilane (SH2)



These groupings will offer the following advantages :

(1) A smaller number of carrier frequency generators and of types of frequency translating equipments.

(2) Higher carrier frequencies (in the range 2820-5520 c/s) and therefore smaller size of the carrier frequency oscillators.

(3) The same types of frequency translating equipments will be used in all systems 1, 2, 3, 5, 7 of table III.

(4) Combinations of these systems are possible. Thus the transmission band may include 12 50 baud and 4 100 baud channels.

The groupings by the author are the following :

(1) A 2760-3240 c/s pregroup having a bandwidth of 480 c/s in which can be included either : (a) Four 50 baud channels having the frequencies 2820, 2940, 3060, 3180 c/s and

either amplitude or frequency, $\Delta f = \pm 30$ c/s) modulated, (b) Two 100 baud channels having the frequencies 2880, 3120 c/s and frequency-modulated, $\Delta f = \pm 60$ c/s, (c) One 200 baud channel having the frequency 3000 c/s and frequency-modulated, $\Delta f = \pm 120$ c/s, or (d) Two double-tone 50 baud channels having the double frequencies 2820-2940, 3060-3180 c/s.

(2) A 1800-3240 c/s group having a bandwidth of 1440 c/s and composed of 3 pregroups.

(3) The transmission band from 360 to 3240 c/s. having a bandwidth of 2880 c/s and composed of two groups.

Figure (3) shows the block diagram of the 24, 12 and 6 channel systems. The multiplications are $4 \times 3 \times 2$, $2 \times 3 \times 2$ and 3×2 respectively. The 24 channel system needs only 7 carrier oscillators as compared with 24 and 13 in the single and two stage 24 channel systems used at present.

References

- (1) CCIF Green Book, Telephone Transmission, Part : Carrier Telephony, 1958.
- (2) Erik. J. Erikson. "The Development and Future of Wide Band Carrier Systems", Ericsson Review, 39 (4), 1962, pp. 90-101.

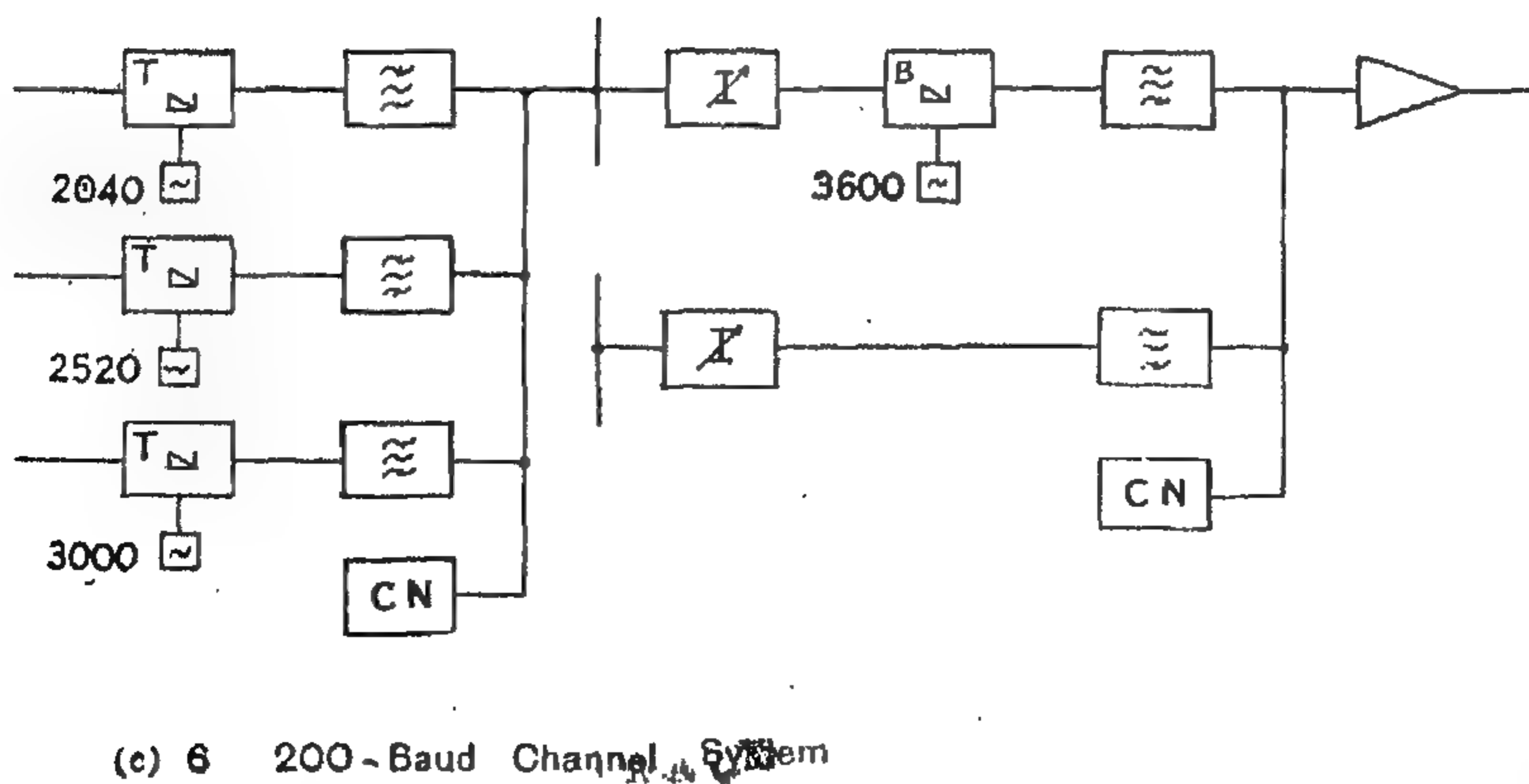
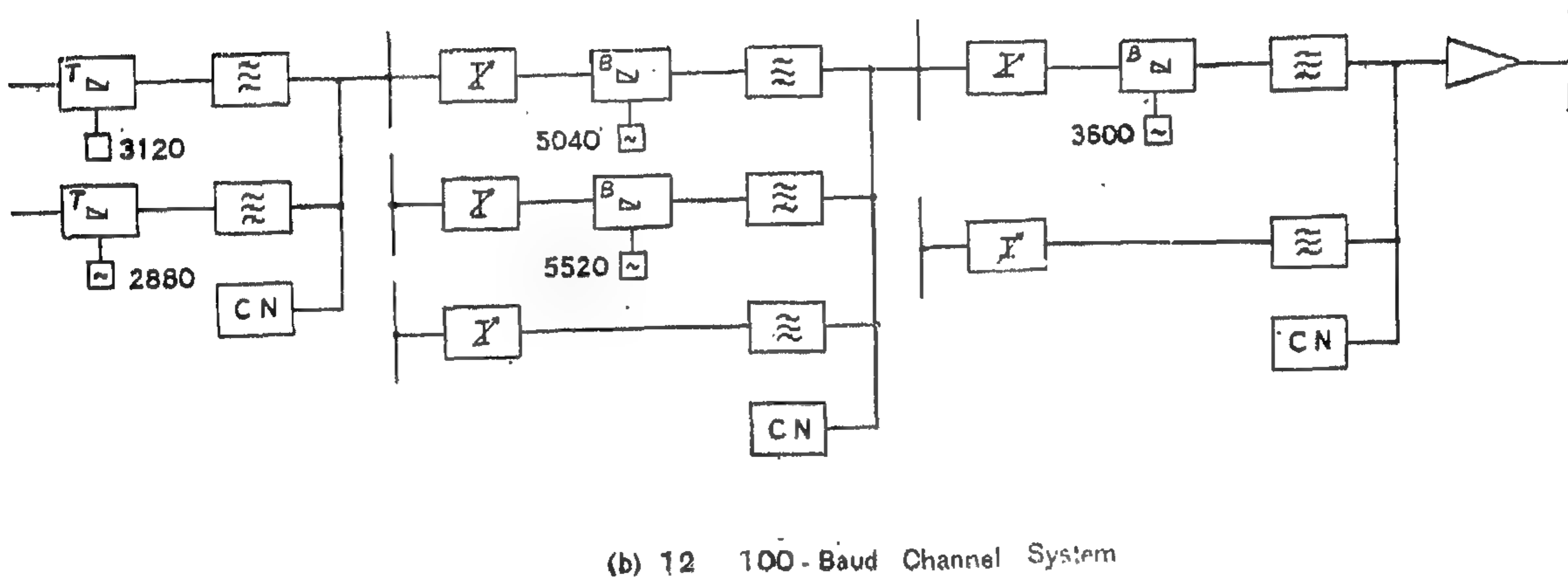
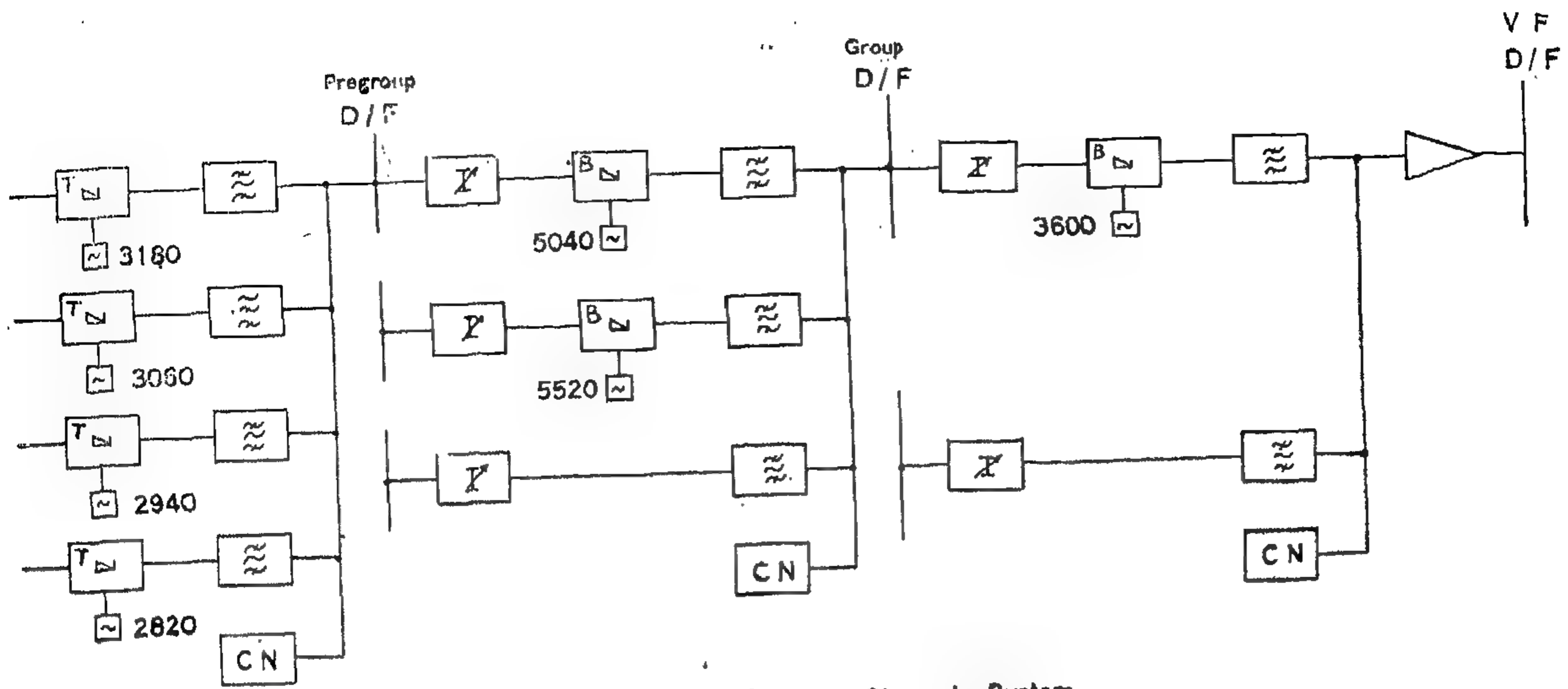


FIGURE 3

Suggested Voice-Frequency Telegraph Systems (T = Telegraph Modulator, B = Balanced Modulator
Carrier Telephony. Carrier Frequencies in C/S.)

needs more bandwidth than other types of modulation, but is necessary to overcome the noise resulting from the delay distortion and the mode transformations) the channel carrying capacity per radio frequency channel will be between 1500 and 6000.

The final conclusion is that the channel groupings will not grow indefinitely in size. Only a new grouping, three times as big as the present 12 MC grouping of 2700 channels will be introduced. It will accommodate for 8100 channels and have a bandwidth somewhat below 40 MC. After this no bigger groups of channels will be introduced, and the development will be for the provision of the transmission systems which have a large capacity of radio frequency channels, especially over round waveguides.

2.—The author thinks that the 4 MC system for 960 channels will become, in the near future, uneconomical. This will be due to several reasons. First it uses the same cable as the 12 MC system for 2700 channels, and the cost of the terminal and repeaters equipment of latter system, as it decreases, will account for a smaller part of the overall cost. Second, its final multiplication ratio, 16, results in too many types of frequency translating equipments. Even if the cable can be economically utilised only up to 4 MC, it would be in the band 316-4188 KC for 900 channels rather than the present 60-4028 KC band. For this band, being a supermaster group, will be produced from the supergroups by the multiplications 5×3 instead of 16. The low frequency end of the band, being 316 instead of the present 60 KC will then facilitate the equalisation of the line loss and simplify the amplifier design.

Similarly the 600 channel systems for radio links will be formed from two mastergroups rather than from 10 supergroups.

3.—The author regards it as unfortunate that the multiplication ratios between the supergroup and the mastergroup were both taken 5. He thinks a ratio 3 or 4 would have

proved more economical. However, it is unlikely that these ratios will change in the future because the improvement would be small and because they are now so much in use. The most recent multiplication ratios, namely from the mastergroup to the supermastergroup, and from the supermastergroup to the 2700 channel group, are both 3. The multiplication ratio for the biggest future group will very probably be 3. This 8100 channel group will thus be formed by the multiplications $3 \times 4 \times 5 \times 5 \times 3 \times 3 \times 3$.

4.—The 550 KC 120 channel carrier system for plastic insulated high quality balanced pair cable has become uneconomical as a result of the introduction of the 1.2 MC 300 channel system for small diameter coaxial cable. In the future the author expects that even the 250 KC 60 channel system for balanced cable will also become uneconomical as compared with the 1.2 MC system.

The author expects that direct grouping of the 12 channels to form the 60-108 KC group will not be used any more. This trend is already in existence, and several manufacturers of carrier equipments either already changed, or will change their production to pregrouping systems by introducing the 3 channel pregroup.

5.—Voice frequency telegraph systems in the band 0.3 – 3.4 KC are either based on a channel separation of 120 c/s and its multiples (systems No. 1, 2, 3, 5, 7 in table III), or on a separation of 170 c/s and its multiples (systems No. 4, 6 in table III). In 24 channel systems the channels are grouped together either directly in one stage (multiplication 24) or else in two stages (multiplication 12×2), while in the other systems the multiplication is only in one stage.

The author thinks the present multiplication of the voice frequency telegraph groupings is not the optimum one. He suggests therefore the following groupings for systems based on a channel separation of 120 c/s and its multiples.

have neighbouring pass ranges (Figure 1). The hybrid, on the other hand, does not render the selective requirements of the filters easier.

Larger multiplication ratios result thus in the necessity of hybrids, which are of course additional equipments. These hybrids cause of course a drop of signal level, which has to be compensated for somewhere, by amplifiers.

Recently mechanical filters are finding increased use in carrier systems, for frequen-

cies up to about 500 KC. Their effect on the optimal group sizes is not yet clear, but they do not seem to result in any substantial change in the present situation.

(3) A further minor factor which favours the 3 channel initial pregrouping is the fact that the pregroup has a 12 KC bandwidth and can almost be covered by a broadcast program. However, this is of relatively little importance since the number of broadcast programs transmitted is usually small compared to the number of telephone channels.

V — Present Trends

and Suggestions for the Future

1.—In the last few years we have witnessed a vast universal expansion in long distance telephone transmission. This expansion is still going on and will continue for long time to come especially with the introduction of toll dialling. The increase in the number of circuits could be covered by new cables and by the use of the cables for a large number of telephone channels per pair, also by the introduction of multichannel radio links.

To accommodate for a large number of channels per cable pair a broad band of frequencies is necessary. At present open wire lines are used up to 150 KC, balanced pair cables up to 250 KC (special cables up to 550 KC), small diameter (4 mm.) coaxial cables up to 1.2 MC, large diameter (9.4 mm.) coaxial cables up to 12 MC, radio links up to 8 MC base band width.

No increase in the transmission band width of the open wire lines and the balanced cables is expected. On the other hand, it seems that the frequency band of large diameter coaxial pairs will be trippled, as it did before, while the repeater span will be halved (2). The transmission band will be somewhat less than 40 MC, the repeater span will be about 2.3 Km. The 9.4 mm. diameter coaxial pair will then be able to transmit $3 \times 2700 = 8100$ telephone channels in one direction.

At present only the 1.2 MC system is fully transistorised, as the nonlinearity of the transistor has made it, until now, unable to amplify the 4 or the 12 MC system with sufficiently low intermodulation noise. But it is expected that this difficulty will be overcome when new types of transistors will provide sufficient linearity. This will of course make the power transmission along the coaxial pairs, for the unattended repeaters, much easier.

Whether with tubes or transistors it is not expected that bandwidths larger than 40 MC will be transmitted over coaxial lines.

Radio links will probably have an increased channel capacity of 2700 per radio frequency channel, instead of the present 1800. Although many radio frequency channels can be used for communication between the same antennas, yet their number is limited by the spectrum available.

The mentioned spectrum limitation practically does not exist in waveguide transmission. The round waveguide, 5 cm. in diameter, excited in an H_{10} mode between 35 and 100 KMC will have a capacity much in excess of 10^5 telephone channels. But this capacity will be divided among several radio frequency channels, each between 150 and 600 MC wide. With pulse-code modulation (which

IV — Other Considerations

Relevant to the Planning of Grouping Stages

There are other factors which affect the planning of multistage groupings other than the two factors which we have considered in chapters II and III:

(1) One important factor is the channel filter. In carrier systems based on the direct grouping, in one stage, of 12 channels to form the 60-108 KC basic group, the relatively high frequencies make the requirements from the channel filter very stringent if the CCITT figures are to be fulfilled with regard to the noise of the undesired sideband and of the carrier leak. This filter can be realised only in the form of a crystal filter, and is rather costly.

On the other hand, in carrier systems based on the pregrouping of 3 channels in the band 12-24 (or 6-18) KC before combining the resulting pregroups to one 12 channel group in the band 60-108 KC, the relatively low frequencies make the requirements from the channel filters easier to satisfy. The channel filters can in this case be realised using conventional LC circuit elements and are less costly than crystal filters.

(2) Another consideration of the filters favours smaller multiplication ratios in all

grouping stages. This is from the point of view of their multiplexing. The filters are connected on one side either in parallel or in series. Each filter is thus terminated not only in the common resistance, but also in the parallel or series combination of the input impedance of all other filters. These impedances, in the stop bands, are either complex or imaginary. Thus the filters are not effectively terminated in pure resistances although they are usually designed for resistive terminations. It is customary to connect a compensating network which neutralises the overall parallel susceptance or the overall series reactance of all the filters in the frequency band of interest. The larger the number of filters connected in parallel or in series, the more involved the design of this compensating network, and the more difficult its realisation will be. In general up to four filters are directly connected in parallel or in series. When a larger number of filters is present, as in the case of multiplication ratios more than 4, it becomes necessary to divide the filters to groups of four or less, and to combine the groups by hybrids, two at a time. The hybrid makes the impedance of each group independent of the other groups. Each group is taken from filters which do not

TABLE IV

Comparison of the Different Multiplication Ratios.

Multiplication Ratio x	2	3	4	5	6	10	12	16	24
Relative Number of Types of Equipments N/N_3	1.06	1.00	1.06	1.14	1.23	1.59	1.77	2.11	2.77
Relative Number of Equipments n'/n	2.00	1.50	1.33	1.25	1.20	1.11	1.09	1.069	1.043

III — Number of Frequency Translating Equipments

We now consider the number of frequency translating equipments. Obviously the grouping in several successive stages results in a large number of equipments. A smaller number of equipments would be obtained when the grouping occurs in a single stage, and the number of equipments would then be equal to the number of channels. However, with the grouping in successive stages, in spite of the larger number of equipments, the total cost is usually much less than when the grouping is in one stage. This is due to the much smaller number of carrier frequency generators and number of types of equipments. Other considerations also favour the grouping in successive stages. But the total number of equipments still is a factor to consider when planning the successive groupings of a multichannel system.

When n channels are grouped together in v stages, the multiplication ratio per stage being x in all stages, then the number n' of frequency translating equipments is given by :

$$n' = n + \frac{n}{x} + \frac{n}{x^2} + \dots + \frac{n}{x^{v-1}} = \frac{n}{x^{v-1}} \frac{x^v - 1}{x - 1} \quad (8)$$

and since $n = x^v$, then :

$$n' = \frac{x}{x-1} (n-1) \quad (9)$$

The minimum number of equipments would be :

$$n'_{\min} = n \quad (10)$$

when the grouping is done in one stage. The

ratio $\frac{n'}{n'_{\min}}$, which is also a cost factor for

the system, is thus equal to the ratio of the number of equipment to the number of channels, thus :

$$\frac{n'}{n'_{\min}} = \frac{n'}{n} = \frac{x}{x-1} \frac{n-1}{n} \quad (11)$$

When $n \gg x$, then, approximately :

$$\frac{n'}{n'_{\min}} = \frac{n'}{n} \simeq \frac{x}{x-1} \quad (12)$$

This ratio is given in table IV and is plotted in figure 2.

Thus consideration of the number of frequency translating equipments favours the larger multiplication ratios. With $x = 3$ there are 50 %, with $x = 4$, 33 %, with $x = 5$, 25 % more equipments than would be necessary in a single stage grouping.

The most economical multiplication ratio depends on the extent to which the cost depends on the number of types, and on the number equipments. At present it seems that the most economical multiplication ratio is shared between 3 and 4, and to a smaller extent, 5.

When the multiplication ratio is not constant in all stages than we have the following :

(1) The larger the multiplication ratios, the smaller the number of equipments will be. Especially the ratio of the first stage is the main deciding factor of the number of equipments. For all carrier systems based on direct grouping of 12 channels without passing through the 3-channel pregroup, $x = 12$ in the first stage, these systems are economical in the number of frequency translating equipments.

(2) The order of the successive multiplications is important in determining the number of frequency translating equipments. Thus the larger multiplication ratios should preferably be in the initial stages, and the smaller multiplication ratios in the final stages. This would give the smallest number of equipments without affecting the number of types of equipments.

types of equipment. The ratio 24 (used in voice-frequency telegraph systems) gives 17.7 % more types of equipment than the number of types for $x = 3$.

When the multiplication ratio is not constant throughout the successive grouping stages, it might be thought that the optimum ratio $x = e = 2.718$, if approached as an average, may yield a smaller number of types than can be obtained with $x = 3$. This is not true, and the ratio $x = 3$ always gives at each stage the best, i.e. the least number of types of equipments. Thus a grouping of 8 channels 4×2 gives 6 types of equipments, and an average x of $\sqrt{4 \times 2} = 2.828$. With $x = e = 2.718$, 5.64 types, and with $x = 3$, 5.67 types of equipments would be needed (both < 6). The grouping 3×3 would give, for the same number (6) of types as the grouping 4×2 , more channels, namely 9 instead of 8.

No simple expression can be derived for the case when the multiplication ratio is not constant throughout the successive stages. However, every departure at any stage from the optimum value $x = 3$, whether to a value

higher or lower than 3, means an additional number of types of equipments.

Tables I and II give the actual number of types of equipments, N , and the least number N_3 which would be obtained with $x = 3$. Substantial deviations from the optimum are seen to exist in the following systems:

(1) All systems based on direct grouping, i.e. the direct formation of the 12 channel group from the channels (multiplication ratio 12).

(2) The 600 channel final group for radio links and the 960 channel final group for coaxial lines, in which the last multiplication ratio from the 60 channel super-group to the final group is 10 and 16 respectively.

(3) Voice-frequency telegraph groupings (table III) in which the 24 telegraph channels are grouped either in one stage, or in two stages 12×2 (multiplication ratio 24, or 12 and 2).

The order of the multiplication ratios does not effect the number of types of equipments. Thus to find out whether the larger or the smaller multiplication ratios are preferable in the initial or in the final stages one has to look for other factors.

TABLE III
Voice Frequency Telegraph Systems 300-3400 c/s V.F. Band

No.	Number of Channels	Freq. Spacing between Channels, c/s	Modulation	Speeds Bands
1	24	120	amplitude	50
2	12	120 + 120	double tone	50
3	24	120	frequency	50
4	18	170	frequency	75
5	12	240	frequency	100
6	9	340	frequency	150
7	6	480	frequency	200

TABLE II Final Groupings

Number	Transmission	Number of Channels n	Transmission Band, KC	Last Intermediate Groups	Min. Types of F.T.E. N_s	Min. No. of F.T.E. $n_{min} = n$	Direct Grouping Systems		Pregrouping Systems		
							Types of F.T.E. N	No. of F.T.E. n	Successive Multiplications	Types of F.T.E. N	No. of F.T.E. n
1	OWP	2×3 (2W)	4-32	2 P/G	4.88	6	—	—	3×2	5	8
2	RL	12	6-54	1 G	6.78	12	13	13	$3 \times 4 \times 1$	8	17
3	OWP	2×12 (2W)	36-144	2 G	8.66	24	14	26	$3 \times 4 \times 2$	9	34
4	BCP	2×12 (2W)	6-108	2 G	8.66	24	14	26	$3 \times 4 \times 2$	9	34
5	BCP, RL	24	6-108	2 G	8.66	24	14	26	$3 \times 4 \times 2$	9	34
6	BCP, RL	60	12-252	1 S/G	11.17	60	18	66	$3 \times 4 \times 5 \times 1$	13	86
7	BCP, RL	120	12-552	2 S/G	13.06	120	18	132	$3 \times 4 \times 5 \times 2$	13	171
8	SCCP	2×60 (2W)	20-552	2 S/G	13.06	120	18	131	$3 \times 4 \times 5 \times 2$	13	171
9	SCCP	2×120 (2W)	60-1164	4 S/G	15.0	240	19	263	$3 \times 4 \times 5 \times 2 \times 2$	14	343
10	4 mm CCP	300	60-1292	1 M/G	15.56	300	23	331	$3 \times 4 \times 5 \times 5 \times 1$	18	431
11	RL	600	60-2540	10 S/G	17.45	600	27	660	$3 \times 4 \times 5 \times 10$	22	860
12	9 mm CCP, RL	960	60-4028	16 S/G	18.73	960	33	1056	$3 \times 4 \times 5 \times 16$	28	1376
13	RL	1800		2 SM/G	20.45	1800	27	1988	$3 \times 4 \times 5 \times 5 \times 3 \times 2$	22	2588
14	9 mm CCP	2700	316-12388	3 SM/G	21.56	2700	28	2982	$3 \times 4 \times 5 \times 5 \times 3 \times 3$	23	3882

FTE = Frequency translating equipment,
 BCP = Balanced cable pair,
 CCP = Coaxial cable pair,

OWP = Open-wire pair,
 RL = Radio link,
 SCCP = Submarine coaxial cable pair.

TABLE I

Intermediate Groupings

Name of Grouping	Abbreviation	Number of Channels n	Frequency Band KC ...	Position	Min. Types of F.T.E. N_s^*	Min. No. of F.T.E. $n_{min} = n^{**}$	Direct Grouping Systems			Pregrouping systems		
							Successive Multiplication	Types of F.T.E. N	Number of F.T.E. n'	Successive Multiplications	Types of F.T.E. N	Number of F.T.E. n'
Pregroups***	P/G	3	12-24 or 6-18	Erect	3	3	—	—	—	3	3	3
Basic Groups	G	12	60-108	Reverse	6.78	12	12	12	12	3×4	7	16
Basic Supergroup	S/G	60	312-552	Erect	11.17	60	12×5	17	65	3×4×5	12	85
Basic Mastergroup	M/G	300	812-2044	Reverse	15.56	300	12×5×5	22	330	3×4×5×5	17	430
Basic Supermastergroup	SM/G	900	8516-12388	Erect	18.56	900	12×5×5×3	25	993	3×4×5×5×3	20	1293

*Assuming a constant multiplication ratio $x = 3$ throughout.

**Assuming a single stage grouping.

***Not yet agreed upon internationally.

F.T.E. = Frequency Translating Equipment.

generator in the receive direction. Depending on the levels and the distortion it may incorporate amplifiers, attenuation pads, equalisers and even pilot injecting or receiving equipment.

Actually a smaller number of types of frequency translating equipments means also a smaller number of carrier frequency generators since one carrier frequency generator of suitable power output can supply all the modulators which need this particular carrier frequency.

It is seen from tables I and II that the groupings are multiples of the next smaller ones, the multiplication ratio being 2, 3, 4, 5, 10, 12 or 16.

Figure (1) gives the block diagram of the frequency translating equipments between the channel and the supergroup distribution frames.

Now we shall derive an expression for the number of types of equipments as a function of the multiplication ratio x which we shall consider, for the time being, to be constant from the channel to the final grouping. If the number of stages is v , the total number of channels is n , and the number of types of equipments is N , then we have

$$n = x^v \quad (1)$$

$$\text{and } N = xv = x \log_x n \\ = x \frac{\ln n}{\ln x} = x \frac{\log n}{\log x} \quad (2)$$

The value of x for which the number N of types of frequency translating equipments of minimum is given by :

$$x_{\min N} = e = 2.718 \quad (3)$$

We shall call the corresponding minimum value of N , N_0 , thus

$$N_0 = N (x = e) = \frac{e}{\log e} \log n \\ = 6.25 \log n \quad (4)$$

Obviously a fractional value $x = e = 2.718$ is not possible to realise and the integral value of x which gives the least number N of types of equipments is given by :

$$x_{\text{int, min, } N} = 3 \quad (5)$$

Thus for a fixed multiplication ratio the value $x = 3$ gives the least possible number of types of equipments. Let this least number of types of equipments be called N_3 , thus :

$$N_3 = N (x = 3) = \frac{3}{\log 3} \log n \\ = 6.28 \log n \quad (6)$$

Thus N_3 is only 0.5 % higher than N_0 .

The ratio N/N_3 of the number of types of equipments when the fixed multiplication ratio is x , to the number of types when it is 3 is a cost criterium for the system.

$$\text{Thus : } \frac{N}{N_3} = \frac{x}{6.28 \log x} \quad (7)$$

Table IV give this ratio for the different values of x in use. It is also plotted in figure (2). It is seen that the multiplication

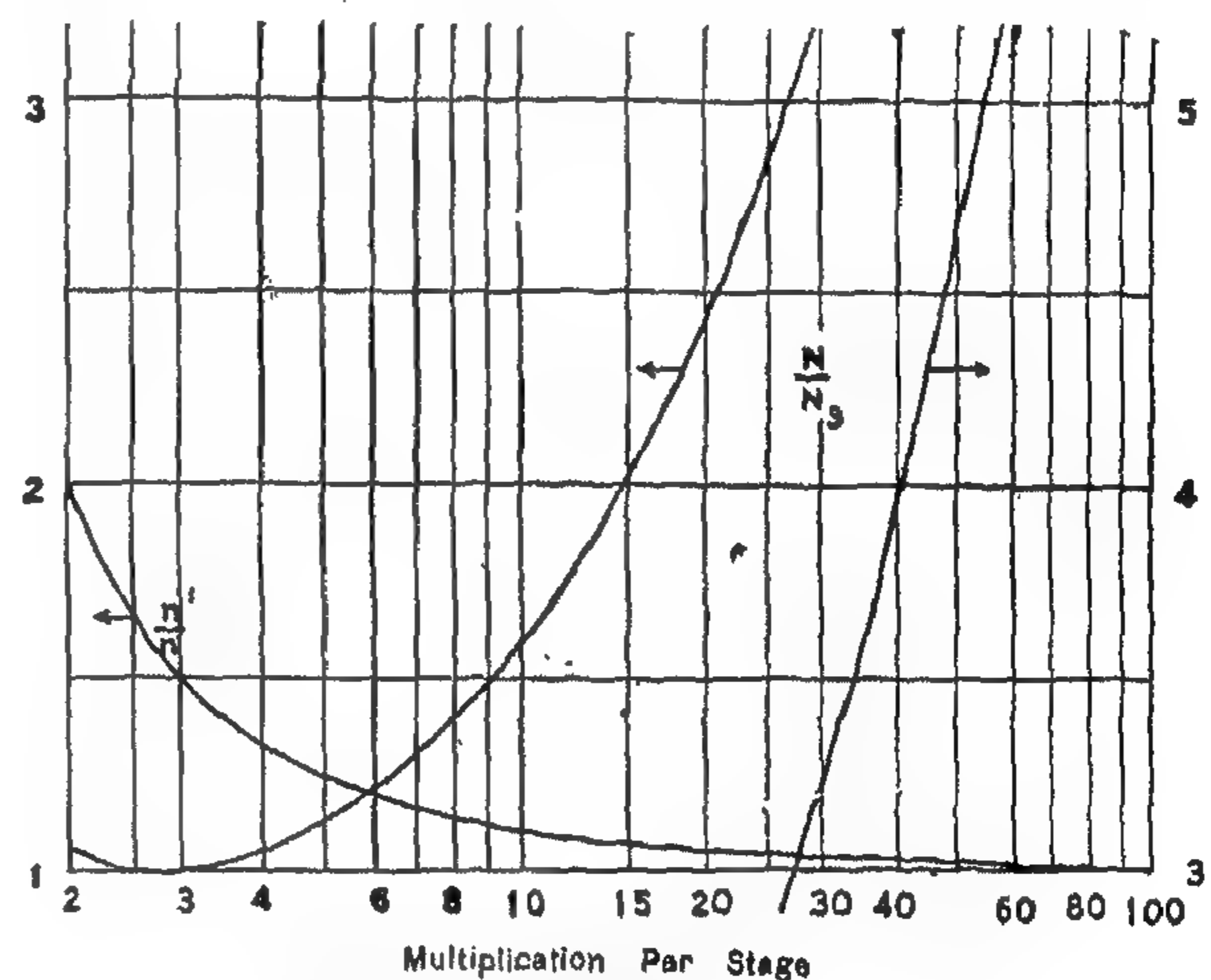


Figure (2)
Types ($\frac{N}{N_3}$) and Number ($\frac{n}{n_3}$) of Frequency Translating Equipments Compared with the Minimum.

ratios 2 and 4 give equal numbers of types of equipment (6 % more than for $x = 3$), but other considerations to be discussed later in this paper, definitely favour the multiplication ratio 4 to the ratio 2.

Higher multiplication ratios give a substantially higher number of types of equipments. For example the ratio 12 (which is still used in the formation of the 12 channel group) gives 77 % more types of equipments. The ratio 16 (which is used in the formation of the line frequency band of the 4 MC 960 channel coaxial line system) gives 111 % more

to the modulator bay (in case of radio links). Their frequency bands depend essentially on the allowable frequency band of the transmission line and its repeaters, or of the radio frequency channel. This is in contrast to the intermediate groupings where the bands were chosen for different reasons, e.g. not too low (if possible) so that second order modulation products may all fall outside the band, and

not too high to avoid the higher frequencies, and to avoid expensive filters.

Table II gives the final transmission groupings of carrier and radio link systems, while table III gives the groupings of voice-frequency telegraph systems.

All these groupings are based on a frequency band 4 KC wide allocated to each telephone channel originally in the band 0.3-3.4 KC.

II — Number of Types of Frequency-Translating Equipments

By a frequency translating equipment we mean the equipment, in either the transmit or the receive direction, between the distribution frames of two successive groupings. A frequency translating equipment, or simply an

equipment will thus consist of a balanced modulator, a band-pass filter and the carrier frequency generator, in the transmit direction, and of a band-pass filter, a balanced modulator, a low pass filter and the carrier frequency

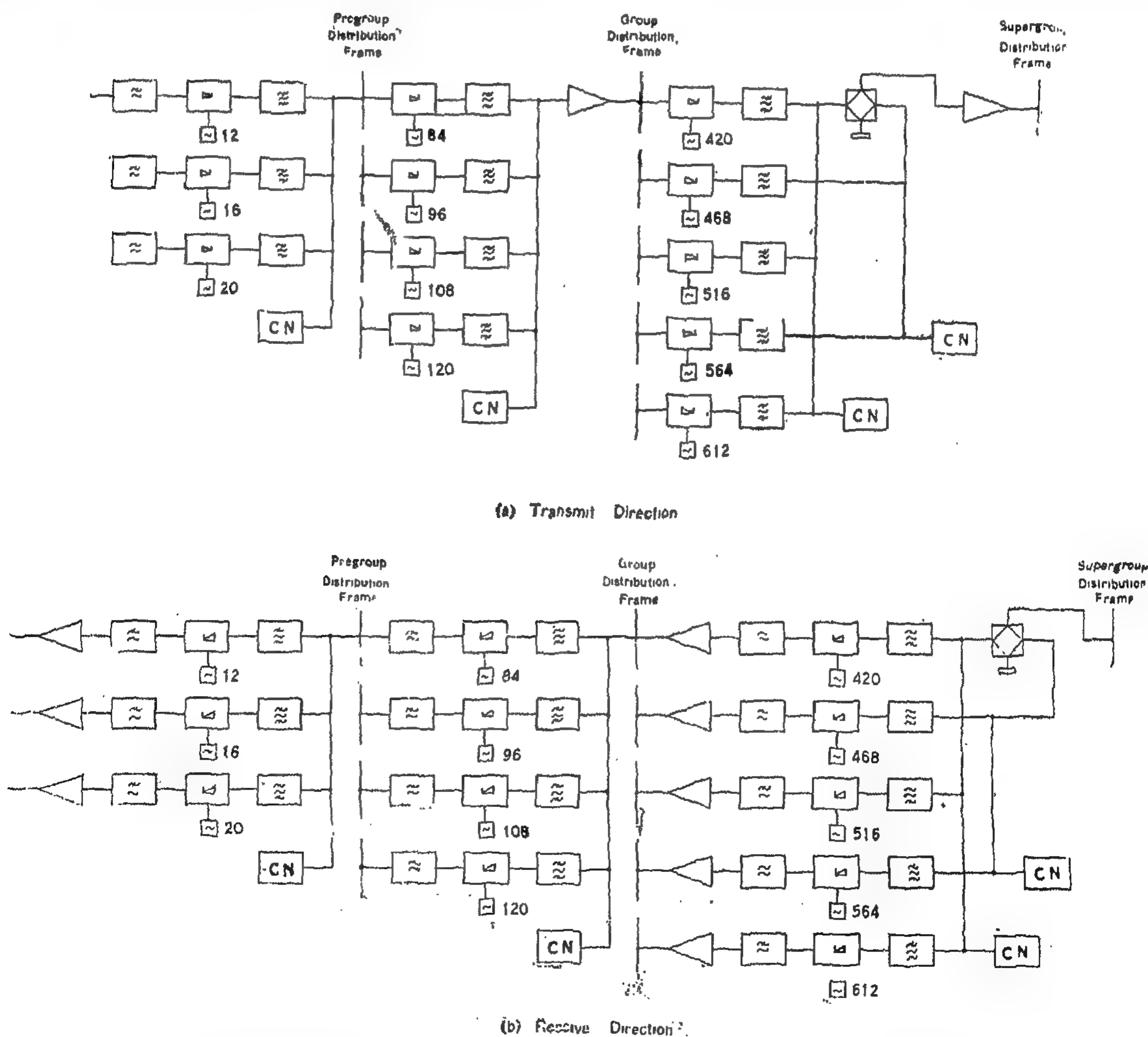


FIGURE 1

Block Diagram of Frequency Translating Equipments from Channel to Supergroup Distribution Frames (Multiplications $3 \times 4 \times 5$. Carrier Frequencies in KC/s).

ON THE OPTIMUM SIZE OF THE DIFFERENT CHANNEL GROUPINGS IN CARRIER TELEPHONY

By

FUAD SURIAL ATIYA, D.Sc. Techn.
*Assistant Professor, Faculty of Engineering,
(Cairo University)*

1 — Introduction

In modern carrier telephone systems the channels to be transmitted together on the same pair are translated in frequency and grouped together in successive stages. The following are the most important reasons for the repeated grouping.

(1) Standardised frequency translating equipments result which are used in the different carrier systems, even when these systems have very different channel carrying capacity per pair. The number of types of standardised equipments is, with proper grouping sizes, very small indeed as compared with the case of grouping in one or only few stages. This results in a very substantial saving in the equipment cost especially with the present mass production techniques.

(2) Interconnection between different carrier systems, as well as dropping from a carrier system, become easy and economical. The interconnection and dropping can then, according to the number of channels concerned, be at the level of any of the standard groupings.

(3) The requirements from the filters become easier to realise, and the filters become cheaper to produce. This applies in particular to the initial groupings.

There are two kinds of multi-channel groupings :

(1) *Intermediate Groupings* : These groupings serve as stepping stones in the build up

of the final transmission bands of the different systems, but are otherwise independent of them. Not only the frequency bands of the different systems, but are otherwise independent of them. Not only the frequency bands of the intermediate groupings, but also their power and impedance levels in the transmit and receive directions, as well as other parameters, have been agreed upon internationally. They are 60-108 KC. CCITT 12 channel basic group, the 312-552 KC CCITT 60 channel basic supergroup, the 812-2044 KC CCITT 300 channel basic mastergroup, and finally the 8516-12388 KC CCITT 900 channel basic super-mastergroup.* To these we can add the 3 channel (12-24 or 6-18 KC) pregroup which is becoming now very popular and may be internationally agreed upon in the near future. In the terminal equipment of any carrier system there is a distribution frame for each of these intermediate groups, a merit which makes the routing flexible. Whenever interconnection between two systems is desired, this is done at the distribution frame of the particular grouping, by inserting the "through" group equipment and in particular the through filter. Also dropping is from the particular distribution frame.

Table I gives the intermediate groupings, their frequency bands, and their successive multiplications.

(2) *Final Groupings* : These are the final groupings which are delivered to the line repeater bay (in case of carrier systems), or

heat exchangers), the value of H_s given by $K_p(t_a - t_e)/6.0$ is normally greater than $K_p(t_{at} - t_e)^2/t_e$, thus the calculated values for the efficiency are nevertheless on the conservative side.

Actually, whenever the exhaust gases are cooled, without recourse to refrigeration, to a temperature near the atmospheric temperature, then H_s can be considered as useful (refrigeration) work. Thus it will appear twice with opposite signs in the numerator of

the fraction for η which becomes (on deleting H_s altogether) :

$$0.2410 t_e - 0.1714 t_c x^{-1} y - 0.02688 t_a x + 0.1714 t_a - 0.06857 t_a l_n (14.7 \times 144)/p_d$$

This leads to the following values of the efficiency for the example considered above (within an error of ± 0.001)

t_a	η	η_s	η_w
273 + 80 °C.Abs.	0.714	0.754	0.724
273 + 100 „	0.703	0.7575	0.717
273 + 120 „	0.694	0.764	0.709

VI. CONCLUSION

In publishing this paper, I hope I have begun a new and fruitful field of application for my colleagues in power engineering, both

in the U.A.R. and sister Arab countries blessed with perpetual sunny days.

H^+_3 = The heat equivalent to the work done in constant pressure expansion.

H_4 = The heat equivalent to the work done in the adiabatic expansion.

H_5 = The heat equivalent to the work done by the refrigerator compressor. (Assume a theoretical value for the coefficient of performance 6.0).

H_6 = The heat equivalent to the work done by the L.P. compressor.

The "theoretical" or "night-time" efficiency is then given by :

$$\eta = \frac{\text{Useful work}}{\text{Heat Supplied}} \\ = \frac{(H^+_3 + H_4) - (H_2 + H_5 + H_6)}{H_1 + H_3}$$

In this expression, we have dropped the work done by the refrigerator compressor in the interstage cooling of the air for the isothermal (L.P.) compression, since being useful work (for refrigeration), it will appear twice with opposite signs in the numerator of the above fraction.

The "solar" or "day-time" efficiency η_s is determined by deleting H_1 from the denominator of the expression for the theoretical efficiency.

Assuming the solar heating of the air is achieved during 6 of the 24 hours, the "day

and night" or "weighted" efficiency η_w is then given by

$$\eta_w = \frac{1}{4} (3 \eta + \eta_s)$$

Taking one C.H.U. = 1400 lb. ft., $p/t = 96$, the specific heats of air $K_p = 0.2416$, $K_v = 0.1720$, their ratio $\gamma = 1.40$ and the atmospheric conditions 14.7×144 lb/ft², $273 + 25^\circ\text{C.Ab.}$, we get the general expression for the theoretical efficiency :

$$\eta = [0.2410 t_0 - 0.2115 t_0 x^{-1/y} - 0.02688 t_a x + 0.1714 t_a + 0.04017 t_0 - 0.06857 t_a l_n (14.7 \times 144)/p_d] \times [0.2410 (t_a + t_0) - 0.02688 t_a x - 71.82]^{-1}$$

where $x = p_b^{(y-1)/y}$; $y = p_d^{(y-1)/y}$

and l_n the natural logarithm of the fraction

The general expression for the solar efficiency is determined from that for η by replacing the denominator by

$$0.2410 t_0 - 0.02688 t_a x$$

In the following table, we give, as an example, the calculated efficiencies (within an error of ± 0.001) for the values $p_b = 200 \times 144$ lb/ft², $t_0 = 273 + 1500^\circ\text{C.Ab.}$, $p_d = 4 \times 144$ lb/ft² and $t_a = 273 + 25^\circ\text{C.Ab.}$

t_a	η	η_s	η_w
273 + 80 °C. Abs.	0.666	0.702	0.674
273 + 100 „	0.654	0.704	0.666
273 + 120 „	0.642	0.706	0.658

V. DISCUSSION

The elimination of large quantities of wasted heat energy, as is the case in high temperature exhausts, by the use of the refrigeration temperatures, has resulted in the improvement of the theoretical efficiency. The use of solar energy has increased this again by about 6 %.

The weighted efficiency η_w was calculated by assuming the plant working at full load day and night. These again can be brought nearer the solar efficiency η_s by day loading.

If electricity is used—partly or wholly—for step (3) in the cycle, then the improvement of the power factor will help to decrease the initial cost of transmission lines and running cost of power losses.

Lastly, we should point out that, although the value for the theoretical coefficient of performance in the general expression for H_5 seems high, yet since the exhaust gases can be cooled to near atmospheric temperature without recourse to refrigeration (by efficient

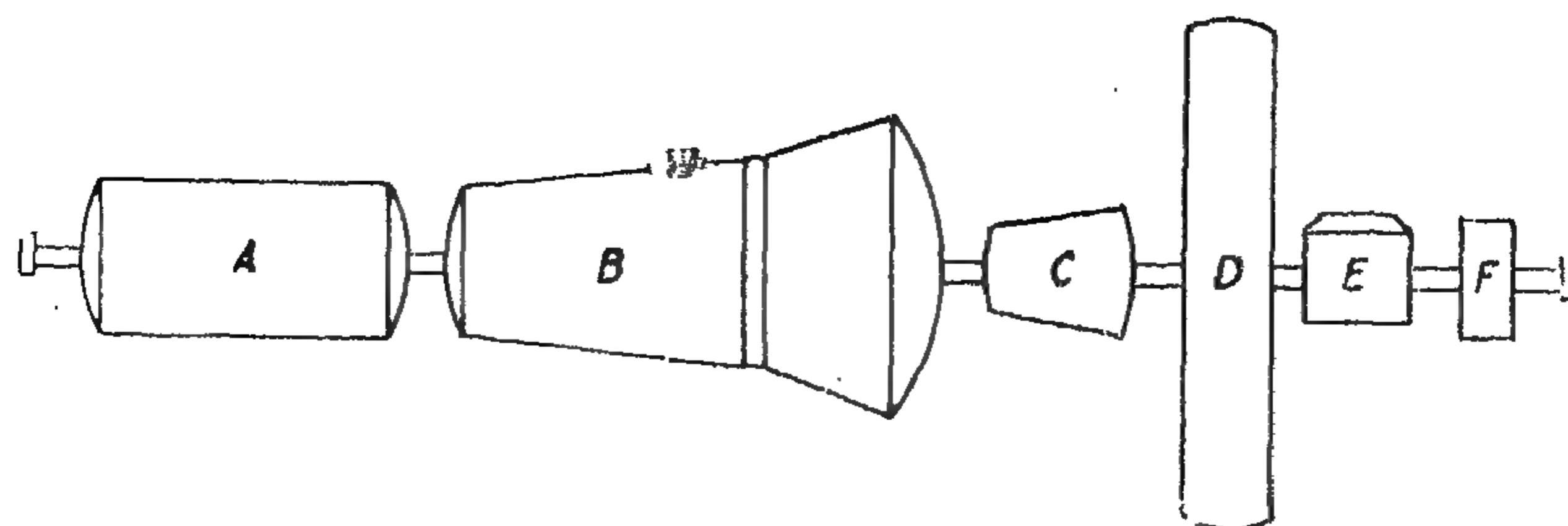
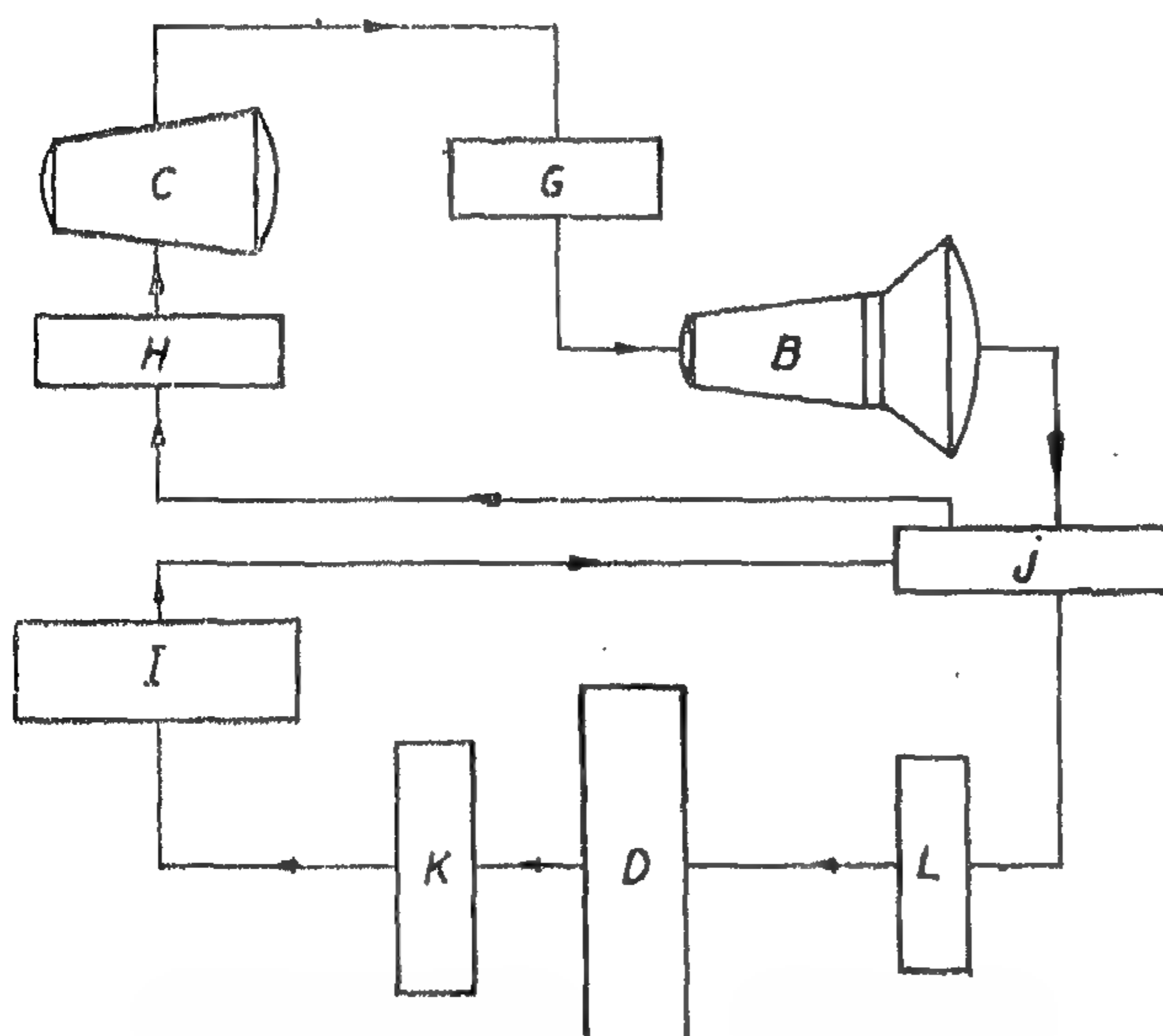


FIG. (3).

- A.—Starting Motor.
 B.—Gas Turbine (or alternatively I.C.E.), c.f. step (4) in proposed cycle.
 C.—H.P. Rotary Compressor c.f. step (2) in proposed cycle.
 D.—L.P. Rotary Compressor or Blower c.f. step (6) in proposed cycle.
 E.—Refrigerator Compressor.
 F.—Driving Pulley or Pump, etc...



- B GAS TURBINE
 C H.P. COMPRESSOR
 D L.P. COMPRESSOR
 G AFTER HEATER
 H PRE-HEATER
 I SOLAR HEATERS
 J H. EXCHANGES
 K AIR CONDITIONER
 L REF. COIL

FIG. (4).

IV. THE VARIABLE CYCLE PARAMETERS AND THE EFFICIENCY.

The temperature of the air leaving the solar heaters (t_a) is determined by their design heating efficiency. As pointed out before, this will be the subject of a future paper.

Again, to avoid high vacuum complications, the adiabatic expansion in step (4) of the proposed cycle, should stop at a pressure $P_a \geq 4 \times 144 \text{ lb/ft.}^2$

Lastly, to avoid very deep freeze complications, t_a is taken $\geq 273 - 50^\circ \text{C. Ab.}$ All other parameters are chosen to suit the practical design conditions of the particular plant.

To find a general expression for the efficiency of the cycle in terms of all these "variable parameters", let the equivalent heat (in C.H.U.s.) at each step of the cycle be denoted as follows :

H_1 = The heat supplied by the electric pre-heaters.

H_2 = The heat equivalent to the work done by the H.P. compressor.

H_3 = The heat supplied by the electric after-heaters (or by burning of fuel).

II. THE PROPOSED CYCLE

- (1) One lb of dry (i) air is heated at constant pressure (atmospheric) through the solar heaters (or by electric preheaters) to temperature t_a °C. Absolute. (Point a on the cycle, fig. (1).)
- (2) The air is then compressed adiabatically to p_b lb/ft.² (Point b on cycle.)
- (3) The air is then heated at constant pressure to t_c °C. Ab. (Point c on cycle.)
or alternatively:
- (3') The air is then heated at constant volume to $t_{c'}$ °C Ab. (Point c' on cycle.)
- (4) The air is then expanded adiabatically to p_d lb/ft.² (Point d on cycle.)
- (5) The air is then cooled at constant pressure to t_e °C. Ab. (Point e on cycle.) (Elimination of any water condensation should be provided for here.)
- (6) The air is then compressed isothermally to atmospheric pressure. Point f on cycle.)
- (7) The air is then heated at constant pressure (through the air conditioning coils and solar heaters) to t_a °C. Ab. (Point a on cycle). (This step can be made use of in Step 5.)

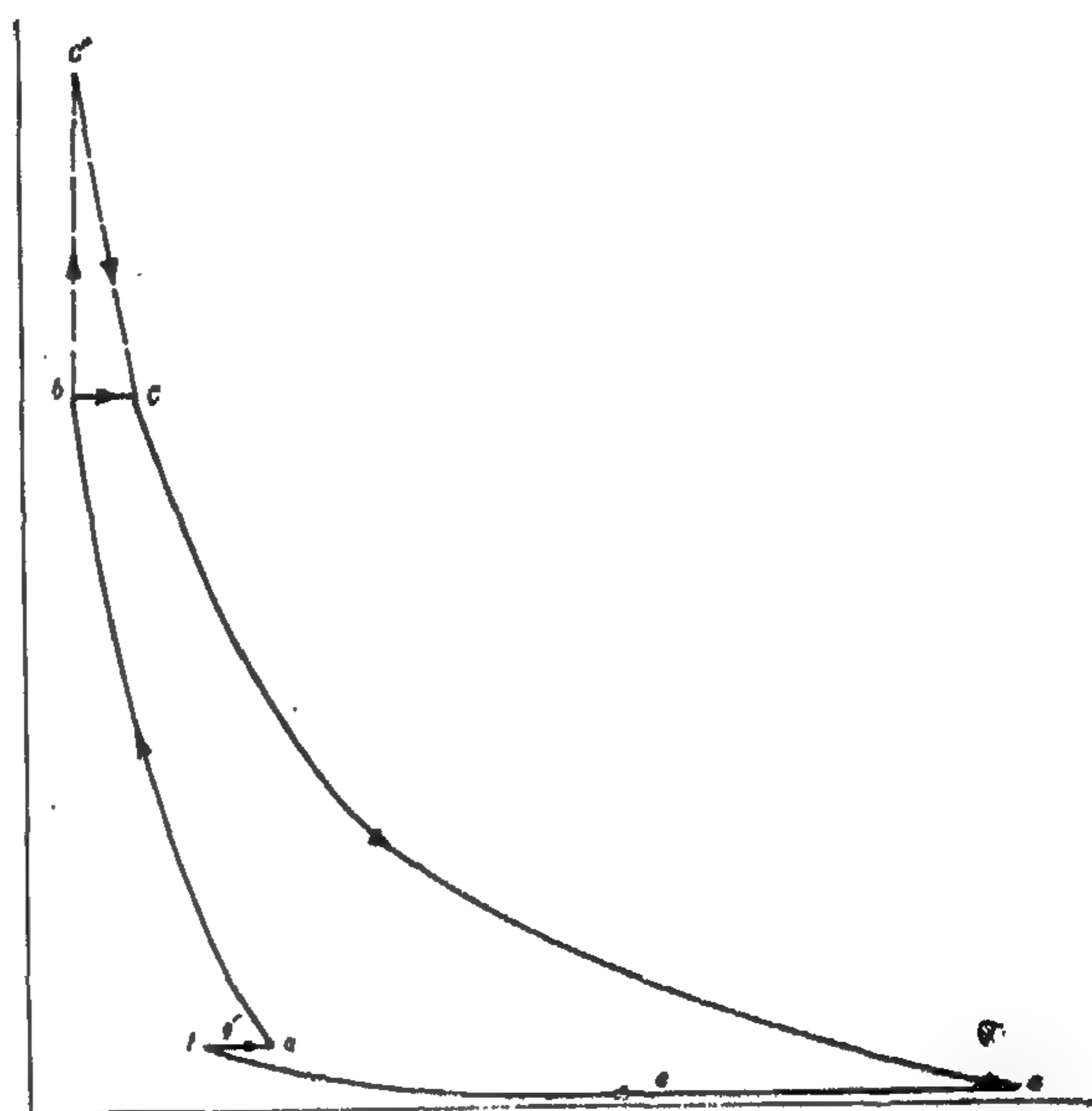


FIG. (1).

A "schematic" p-v diagram of the proposed cycle. The change for the alternative cycle is indicated by dotted lines.

If step 3 (or 3') are carried out by fuel burning, then the exhaust gases are rejected at atmospheric conditions (Point g' on cycle), and fresh (one lb) air is taken in the solar heaters, thus line f-a is the same for both cycles.

III. THE PROPOSED PLANT

- (A) *The Solar Heaters.* Thin steel pipes are welded to plane sheet metal and orientated at seasonally variable angle " Θ " for perpendicular incidence of sun rays. The outer surfaces of the galvanised pipes and sheet metal are coated black. The two slightly concave-parabolic-mirrors are inclined at-latus rectum-angles " φ & χ " respectively, that are to be seasonally adjusted. An East-West sectional view is given in fig. (2).

The design geometrical parameters s , d , Θ , φ , χ , etc., will be the subject of a future paper.

- (B) *The Power Plant:* A schematic arrangement of the plant is shown in fig. (3).

- (C) *The Air Circuit:* Fig. (4) shows "Schematically" the air circuit.

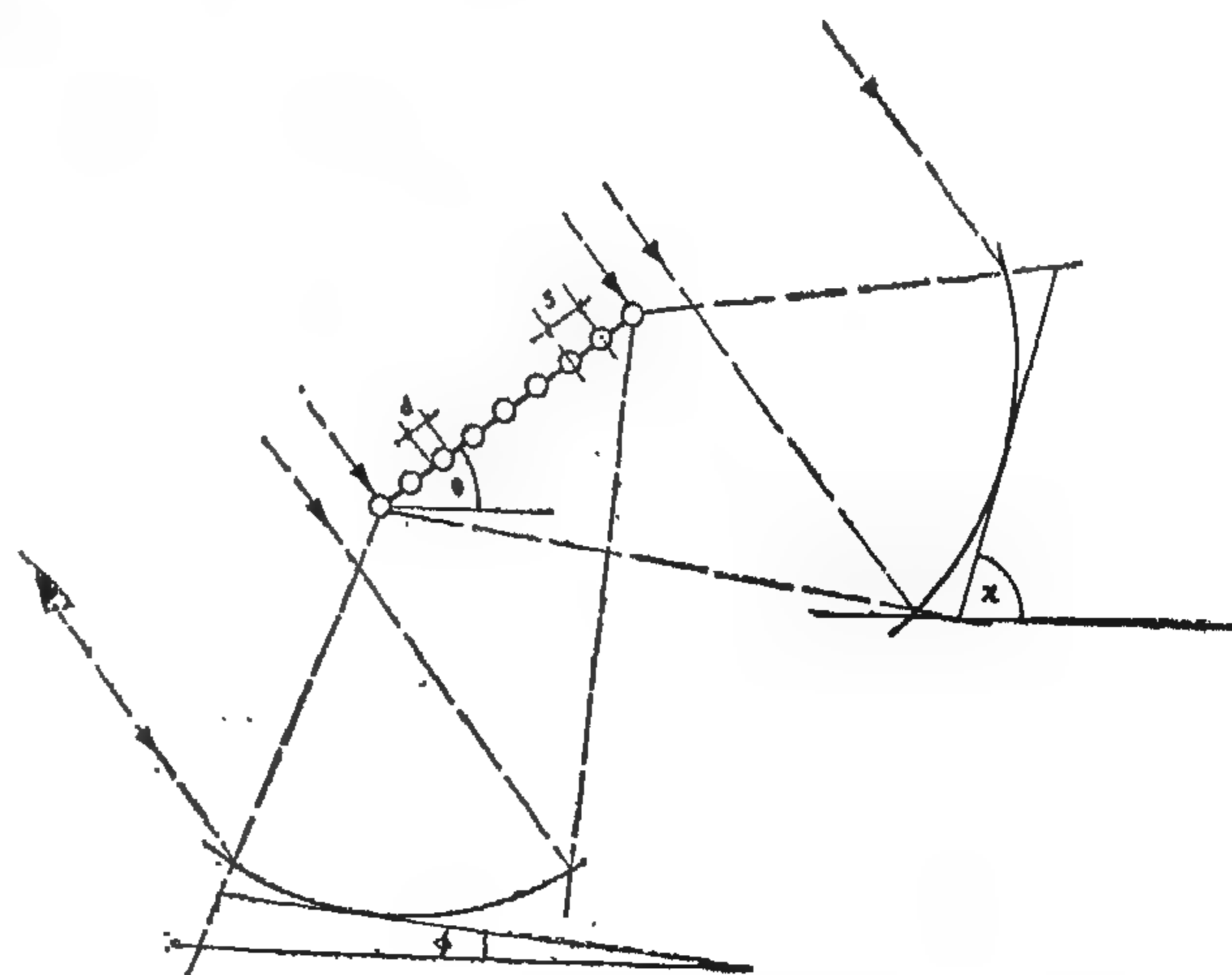


FIG. (2).

Arrangement of Solar Heaters and Reflecting Mirrors—East-West Sectional View.

- (1) See elimination of condensate in step 5.

A PROPOSED CYCLE FOR THE UTILISATION OF SOLAR HEAT

by

S. KHASHABA,
B. Eng., M.A., Ph.D.,
Prof. of Mech., Faculty of Engineering,
Cairo University.

ABSTRACT

Where solar heat is excessive, i.e., where solar energy is free and abundant, the need for refrigeration, air conditioning and ice making is urgent. In the cycle—and its variations—that I propose in this paper, the low

refrigeration temperature is made use of to depress the “bottom” temperature, thus improving the “theoretical”, “solar” and the “weighted” efficiencies of the proposed “Solar Power Plant”.

I. INTRODUCTION

Where solar heat is excessive, as is the case in the southern parts of our republic, whether near the Nile Valley, the Red Sea or the oases, the efficient utilisation of this heat gives a vast source of free energy that is nearly permanently available during, at least, one fourth of the day, the whole year round.

Countries with less favourable conditions for its utilisation, such as the U.S.S.R. and Japan, have nevertheless given this problem considerable thought, but due to the fundamental difference in the nature of the problem in our republic, and such countries, our approach to its solution has to be basically and radically unrelated to theirs.

Due to the spasmodic occurrences of sunny days, and the weakness of the sun rays when they occur, their scientist-engineers did not, naturally enough, concentrate on using them as a power source, but tried focussing those incident on large areas on boiling food, etc.

In the southern parts of our republic, on the other hand, one can count on strong sun rays the year round, that are capable of raising the temperature of black metal surfaces up to 150°C, with, perhaps, little help from converging mirrors. Thus we can have at our disposal, from 9.30 a.m. to 3.30 p.m. at least,

vast amounts of hot air or gas nearly free of charge.

Again, the refrigeration aspect, that is essential for industrial and comfort air conditioning, food storage and ice making in such “hot” parts of our republic, does not arise in the “cold” countries mentioned above.

Thus the work done in refrigerating the air will not be “wasted” in our case, but on the contrary, apart from giving needed comfort, industrial air conditions, etc., it also helps to increase the “temperature head” of the cycle. For this reason, the equivalent heat supplied to the refrigerator compressor for the inter-stage cooling of the air in the isothermal compression (step 6 below), is omitted in calculating the efficiency of the cycle.

Again, to insure continuity for a power plant, in spite of the diurnal variation of solar heat and at the same time, increase the temperature difference, electric “pre-heaters” and “after-heaters” are utilised to feed the gas turbine with air at constant “state” conditions.

If η_s is the efficiency of the cycle when the air is heated through the solar heaters, and η the efficiency when it is preheated electrically, then the “weighted” efficiency, on the basis of the plant working fully day and night, is given by

$$\eta_w = \frac{1}{4}(3\eta + \eta_s)$$

EDITING COMMITTEE

Prof. Dr. MAHMOUD TALAAT,

Chairman.

Dr. AHMED A. EL-ERIAN

Editor in Chief

Eng. EZZ EL-DIN FARAG

Dr. FOUAD BAHGAT

Eng. HASSAN T. EL-AROUSY

Editors.

Eng. HAMED EL-KADDAH

Treasury.

Dr. AHMED GENEDI

Eng. KAMEL MAKSOOD

Eng. SALAH AMER

Dr. TAHER EL-HADIDI

Supervising Committee.

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretarial at the address of the Engineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T.60 per annum.

Subscription for others P.T.200 per annum.

HEAD OFFICE

Cairo : Egyptian Society of Engineers,
28, Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

Sole agents for advertisements to be inserted in this periodical :

Moassasset Misr for Printing and Publication,
14, Zaki Str., Tawfikieh, Cairo.
Tel. 51601.

JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

VOL, III — No. 2 — APRIL 1964

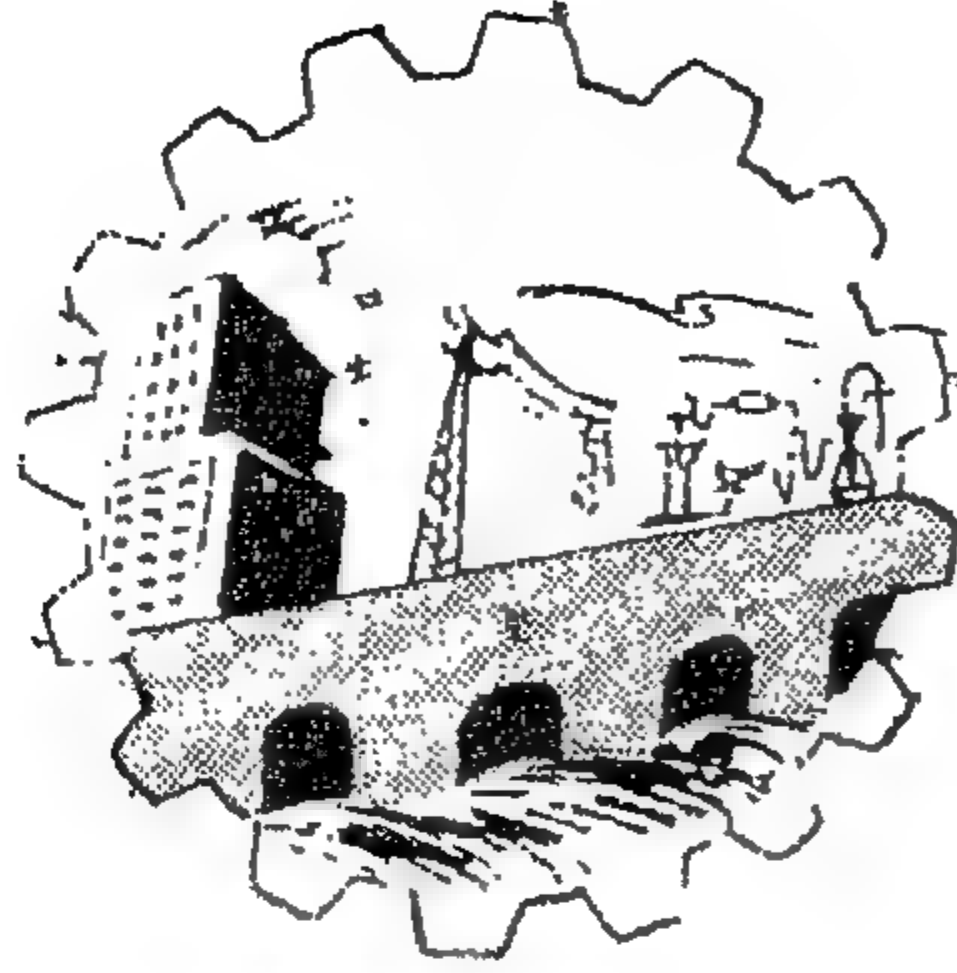
C O N T E N T S

ENGLISH SECTION

	Page
"A proposed cycle for the Utilisation of Solar heat", by Prof. Dr. Salah Khashaba...	7
"On the optimum size of the different channel groupings in Carrier Telephony", by Dr. Fouad S. Atiah	13
"Organic Silicon derivatives of Benzyl Chloride", by Dr. Hussein Cherif Sharaf ...	25
"Stable Foundations for machine tools with particular Reference to movements in the Soil and Concrete", by Prof. Dr. W. Eastwood	29
"Alternative designs of some simple reinforced and Prestressed Concrete road bridges", by Dr. Amir Assad Rizk	45
"Iron and steel study tour in some European countries", by Dr. Salah Bayoumy ...	63
"Regulated flow through submerged pipe culverts, by Dr. Saad Zaghloul Hammad	81
"Assessment of deep drawing qualities of sheet metal (Part 1: Stretch forming and wedge drawing tests), by Dr. Galal Shawki	89

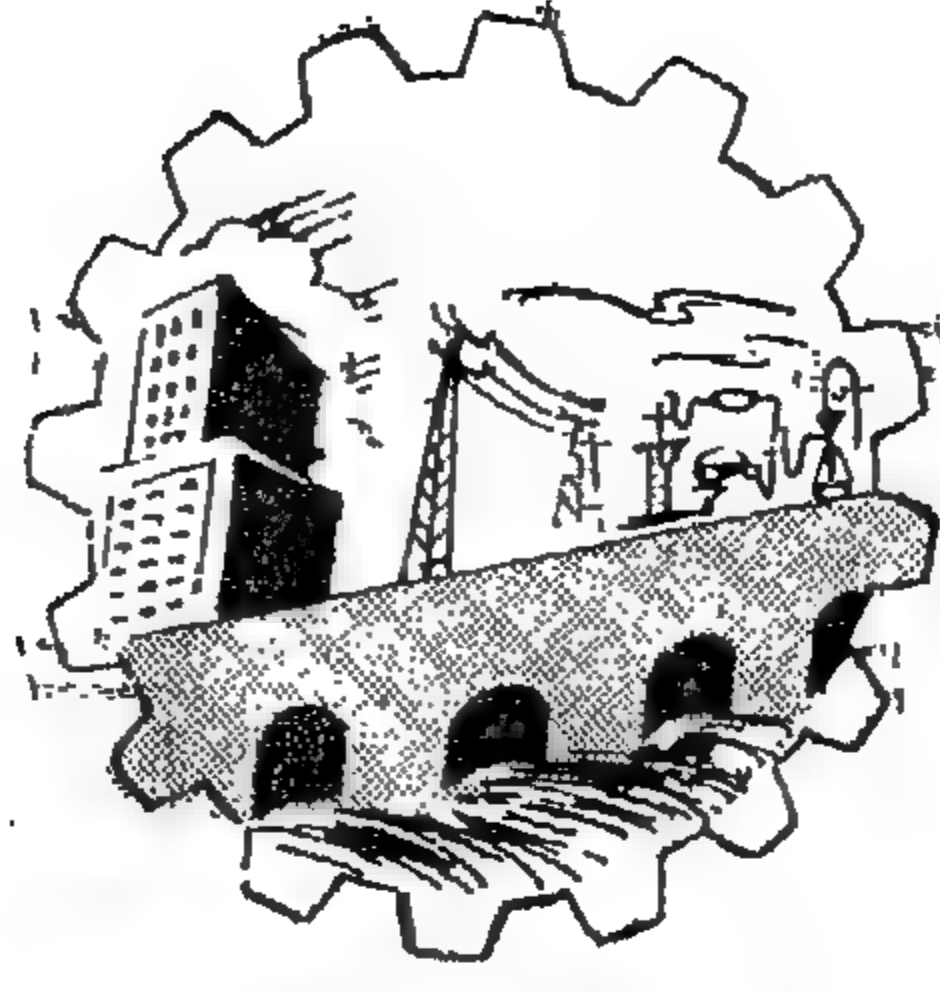
ARABIC SECTION

"Experimental studies achieved to determine the hydraulic characteristics of rotary sprinklers used for irrigation", by Dr. Aly Baligh	7
"Production of iron and other pipes without welding", by Dr. Botros Mina Botros ...	12



JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY
OF ENGINEERS
U.A.R.

APRIL 1964
Vol. III
No. 2



مجلة

جمعية المهندسين المصرية

يوليو ١٩٦٤

المجلد الثالث

العدد الثالث

مجلة

جمعية المهندسين المصرية

مجلة علمية هندسية — تصدرها كل ثلاثة شهور
جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

يوليو ١٩٦٤

العدد الثالث

السنة الثالثة

محتويات هذا العدد

القسم العربى

صفحة

- موضوعات بحوث المؤتمر الهندسى العربى التاسع ببغداد ٧
- مخلفات المصانع ١١
- إنتاج المواسير الحديدية وغير الحديدية بدون لحام — ٢ — ٣٣
- ملخص الموضوعات بالقسم الانجليزى ٥٥

القسم الأفرنجى

- التوزيع القطرى لمقدار الخطوة والإنحناء لمقاطع ريش الرفاصات البحرية ٧
- طريقة تحليلية جديدة للتعبير رياضياً عن نواحي المحرك شراجا ٣٥
- دوال التوزيع الثقلى فى التبادل الآلى « للتبرنتر » ٥٣
- العمليات الرياضية بطريقة الكترونية مبسطة ٦١
- استخدام النماذج الرملية فى بحث مسائل حركة المياه الجوفية ٦٦
- سرعة انفجار المفرقات ٧٥
- استخدام السلاسل المحركة الحركة فى توليد الدوال ٧٩

بيانات :

مقر المجلة :

بالقاهرة

جمعية المهندسين المصريين

٢٨ شارع مسيس بالقاهرة

تليفون ٥٢١٠٦

الاشتراكات :

- جميع أعضاء جمعية المهندسين بالقاهرة مشتركون في المجلة بحكم عضويتهم .

الاشتراك السنوى

للهيئات

٣٠٠

للمهندس

٦٠

لغير الأعضاء :

- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة
- ترهب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية وأي تعليقات علمية للمناقشة
- المطبوعات غير مسئولة عن أي رأي ينشر وتعتبر عن رأي كاتبها فقط

الإعلانات :

مؤسسة مصر للطباعة والإعلان والنشر

١٤ شارع نيك بالتوفيقية - القاهرة تليفون ٥١٦٠١

لجنة التحرير

المشرف العام الأستاذ الدكتور محمود طلعت

رئيس التحرير الدكتور المهندس أحمد علي العريان

أميناء التحرير
المهندس حسن طه العروسي
المهندس عز الدين فـرج
الدكتور المهندس فـؤاد بهجت

أمين الصندوق المهندس حامد القـداح

المشرفون
الدكتور المهندس أحمد جـنيدى
المهندس صلاح عامر
الدكتور المهندس طاهر الحـديدي
المهندس كامل مقصـود

المؤتمر الهندسى العربى التاسع

١٣ — ١٨ ديسمبر سنة ١٩٦٤

بغداد

اتحاد المهندسين العرب

الترجمة الهندسية المصرية

٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة

تقرر عقد المؤتمر الهندسى العربى التاسع بمدينة بغداد فى المدة من ١٣ — ١٨ ديسمبر سنة ١٩٦٤ .

وقد رأب اللجنة التنفيذية لاتحاد المهندسين العرب أن تكون موضوعات المؤتمر هى :

أولاً — التعليم والتدريب الهندسى والفنى فى البلاد العربية .

ثانياً — استثمار الثروات المعدنية فى البلاد العربية .

ثالثاً — دور المهندسين فى التخطيط الزراعى واستصلاح الأراضى .

وأن تكون عناصر هذه البحوث على الوضع التالى :

أولاً — التعليم الهندسى :

(أ) التعليم الجامعى والتخصص .

(ب) التعليم المهنى فى معاهد خاصة بعد إتمام الدراسة الثانوية .

(ح) التعليم فى المدارس المهنية الثانوية .

(د) التدريب المهنى بمستوى عامل ماهر .

يؤخذ بعين الاعتبار على سبيل المثال لا الحصر شروط قبول الطالب ومناهج وسياسة التدريس والتدريب بعد التخرج :

١ — التخطيط للتعليم الهندسى والمهنى بالنسبة لاحتياجات الدولة .

٢ — إعداد هيئات التدريس لمختلف المستويات .

٣ — توحيد المناهج الدراسية والمصطلحات الفنية .

ثانياً — استثمار الثروات المعدنية :

يشمل هذا الموضوع الدراسات المبوبة فيما يلي للثروات المعدنية كالبترول والفوسفات والحديد والبوتاس والكبريت والنحاس وغيرها وذلك من باب العدالة الحصر مع إغارة انتباه خاص إلى الثروات التي تبذل هدرًا كالثقل الطبيعي وكذلك المواد التي لم تول أهمية كافية في العالم العربي تكامات مواد البناء وأحجار الزينة .

(أ) التحري والاستكشاف :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة بالمسوحات الجيولوجية والجيوفيزيائية وعمليات الاستكشاف عن الخامات المعدنية والبترول والغاز الطبيعي .

(ب) الاستثمار والإنتاج :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة بعمليات الحفر والتطوير والاستخراج من المناجم أو المحاجر أو الآبار أو المصادر الأخرى .

(ج) التجهيز والتركيز :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة بعمليات عزل الشوائب عن الخامات ورفع نسبة المادة المستخرجة لجعلها صالحة للتسويق والتصنيع .

(د) التخزين والنقل :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة بعمليات تخزين الخامات ونقلها وشحنها بالوسائل المختلفة .

(هـ) التسويق :

دراسة إيجاد أسواق للثروات المعدنية من البلاد العربية وبحث إمكانية تنسيق عمليات تسويقها

(و) تصنيع الخامات :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة بتصنيع الخامات المستخرجة في البلاد العربية وكذلك تصنيع الخامات المستوردة وتنسيق هذه الفعاليات في البلاد العربية .

(ز) استثمار الغاز الطبيعي :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة باستثمار الغاز الطبيعي محلياً أو المحافظة عليه بإعادة خزنه إلى باطن الأرض أو تصديره أو تسويقه أو القيام صناعة تعتمد عليه .

(ح) استخراج بوتاس البحر الميت :

دراسة مشروعات استخراج البوتاس والمنتجات العرضية الأخرى من البحر الميت وكذلك البحوث المتعلقة بالنقل والتصنيع والتسويق .

(ط) خامات مواد البناء وأحجار الزينة :

دراسة إمكانية التوسع في استثمار خامات مواد البناء وأحجار الزينة واستعمالها .

ثالثاً — التخطيط الزراعى :

دور المهندس فى التخطيط الزراعى واستصلاح الأراضى (ويشمل هذا الموضوع مختلف المراحل الأساسية الموضحة فيما يلى) :

الدراسات :

- ١ — دراسات مساحية وإعداد الخرائط .
- ٢ — دراسات فى البحث عن مصادر المياه .
- ٣ — دراسات تصنيف التربة والمقننات المائية .
- ٤ — دراسات فى أنسب وسائل الري والصرف .

استصلاح الأراضى :

- ١ — إعداد مشروعات الري والصرف .
- ٢ — القيام بأعمال التسوية .
- ٣ — القيام بالأعمال الآلية (المكننة) الزراعية .
- ٤ — تخطيط القرى والمدن الفرعية والرئيسية .
- ٥ — التخطيط الإقليمى .

الخدمات :

- ١ — الطرق والمطارات .
- ٢ — محطات مياه الشرب وشبكاتهما .
- ٣ — شبكات المجارى .
- ٤ — شبكات الإنارة الكهربائية .

الإعاش الاقتصادى :

- ١ — الصناعات .
- ٢ — الصناعات البيتية والزراعية .

وترجو الهيئة نشر الدعوة لهذا المؤتمر بين السادة المهندسين وبصفة خاصة بين الإخصائيين الذين توفروا على دراسة هذه المشاكل لإعداد بحوثهم وإرسالها إلى جمعية المهندسين المصرية قبل المواعيد التالية :

٣٠ سبتمبر سنة ١٩٦٤ آخر موعد لإرسال موجز الأبحاث .

١٥ أكتوبر سنة ١٩٦٤ آخر موعد لتقديم الأبحاث من ثلاث نسخ مطبوعة على الآلة الكاتبة مع الرسومات بالحبر الشينى على ورق شفاف .

الاشتراكات :

الاشتراك فى عضوية المؤتمر مفتوح لكافة المهندسين العاملين فى البلاد العربية وكذلك للهيئات والشركات الهندسية والصناعية والمقاولات .

وقد حددت قيمة الاشتراك كما يلى :

مليم	جنيه	
٥٠٠	٢	للعضو .
٢٥٠	١	للمرافق (يعنى بالمرافق الزوجه أو الأخت أو الإبن أو الإبنه) .
٥٠٠	١٢	للهيئات أو الشركات (للهيئة أو الشركة حق إرسال مندوبين إثنين عنها) .

آخر موعد لقبول الطلبات ٥ نوفمبر سنة ١٩٦٤ .

وتقبل الإعلانات بدليل المؤتمر بالأسعار الآتية :

مليم	جنيه	
٥٠٠	٣٠	صفحة كاملة
٥٠٣	٢٠	نصف صفحة
٥٠٠	١٢	ربع صفحة

الرحلات :

ويتضمن برنامج المؤتمر بعض الرحلات الترفيهية للمرافقين والرحلات العلمية لأعضاء المؤتمر .

الهيئة الهندسية المصرية

اتحاد المهندسين العرب

مهندس

حامد سامح

مخلفات المصانع

للمهندس زكي السندي

مقدمة :

تطورت الصناعة في بلادنا تطوراً جعل من جمهوريتنا دولة من الدول الصناعية الكبرى بعد أن كانت إلى عهد غير بعيد دولة زراعية متخلفة — فقد أدخلت عدة صناعات جديدة وأنشئت عدة مصانع يكفي إنتاجها لسد حاجات بلادنا من الخامات والمواد الأولية التي نحتاج إليها في شتى الميادين العلمية والاقتصادية والعسكرية ، كما أصبحت منتجات هذه المصانع لا تقل جودة بل وتضارع أحدث ما وصل إليه إنتاج الدول الصناعية الكبرى . وتواجه هذه الثورة الصناعية مشكلة من أدق المشاكل الجديرة بالبحث والدراسة إذ يتوقف عليها نجاح وتشغيل أي مشروع صناعي بالكفاءة والجودة المرجوة — تلك المشكلة هي كيفية التخلص من مخلفات هذه المصانع لإحتوائها على أحماض ومواد كيميائية وموائيل وغازات سامة ومواد صلبة تشكل خطراً على الصحة العامة ومواسير المجارى والمصببات المائية وغيرها إذا ما صرفت فيها هذه المخلفات دون تنقية .

صناعات معدنية — صناعات كيميائية — صناعات ذات طابع مخصوص كالصناعات الذرية ووضع أسس ثابتة لطريقة تنقية مخلفات كل صناعة

محتويات مخلفات المصانع :

المخلفات الصناعية عبارة عن المواد الصلبة والسائلة والغازية التي تنتج من إعداد أو تحضير أى مادة واستعمالها في السوق . وعلى العموم فإن أى تصرف زائد من هذه المخلفات والذي يحتوى على أى مركب به تلوث كيميائي أو بكتيري مما له تأثير على عمليات المجارى أو الذى يقلل الأوكسجين الموجود في الأنهار أو المجارى المائية أو الذى يضيف بعض عناصر ضارة إليها والتي ينتج عنها أمراض أو

ويتناول البحث في هذا الموضوع النقاط الأساسية الآتية :

١ — عرض لأهم الصناعات التي أدخلت في بلادنا ومقدار التلوث الذي تحدثه كل صناعة على حده .

٢ — دراسة إمكان جمع المخلفات المتشابهة في محطة تنقية واحدة .

٣ — الطرق المختلفة (طبيعية — كيميائية — بيولوجية) لتنقية هذه المخلفات قبل صرفها — مع الاستشهاد ببعض أمثلة عملية لطرق تنقية مخلفات بعض المصانع بالولايات الأمريكية .

٤ — كيفية التخلص من المياه والرواسب بعد التنقية .

٥ — تقسيم الصناعات إلى : صناعات غذائية —

مضايقات للذين يستعملون هذه المجارى المائية لأغراض الشرب أو غير ذلك . كل هذا يمكن تسميته بالخلفات الصناعية .

ومن الملاحظ أن كل بقايا المصانع ليست بمخلفات تسبب تلوثاً للأنهار فمثلاً الماء المستعمل فقط في أغراض التبريد آلات الاحتراق أو في تكييف الهواء والذي لا يضاف إليه أى مواد ضارة أو الذي لا يتغير طبيعياً أو كيميائياً فإنه ليس بمخلف صناعى حقيقى .

وسوف نبحث فقط الخلفات التى تحتوى على مواد أو مركبات لها تأثير ضار على عمليات المجارى والأنهار والمجارى المائية إلى الدرجة التى تتعارض مع استعمال المياه وتفسد حياة الأحياء المائية .

بعض الصناعات الملوثة التى ينتج عنها مخلفات تسبب تلوثاً :

١ — مصانع يتبقى عنها مخلفات تمتص الأوكسجين :
(مصانع تكرير السكر . مصانع تكرير البترول . مصانع البيرة . مصانع الألبان . معامل الخمور . المغاسل . مصانع التعبئة والتغليف . مصانع كبس الورق . المدايع . مصانع النسيج) .

٢ — مصانع ينتج عنها مخلفات ذات مواد عالقة كثيرة :
(مصانع البيرة . مصانع تقطير الفحم الحبرى . مصانع الغاز . آلات غسل الفحم . معامل الخمور . مصانع التعبئة والتغليف . مصانع الورق . المدايع . مصانع العلب) .

٣ — مصانع ينتج عنها مخلفات ذات مواد صلبة ذائبة :
(مصانع كيميائية . مدايع . مصانع تيسير الماء) .
٤ — مصانع ينتج عنها مخلفات زيتية ودهنية :

(المغاسل . مصانع تشطيب المعادن . حقول البترول . مصانع التغليف . معامل تكرير البترول . المدايع . مغازل الصوف) .

٥ — مصانع ينتج عنها مخلفات ملونة :

(مصانع الطلاء بالكهرباء . مصانع الورق . المدايع . مصانع صباغة النسيج) .

٦ — مصانع ينتج عنها مخلفات ذات طعم ورائحة :

(مصانع كيميائية . مصانع تقطير الفحم . معامل تكرير البترول) .

٧ — مصانع ينتج عنها مخلفات سامة :

(معامل الطاقة الذرية . مصانع الأسلحة الذرية . مصانع كيميائية . مصانع الطلاء بالكهرباء . مصانع لب الورق . مدايع) .

٨ — مصانع ينتج عنها مخلفات حمضية :

(مصانع كيميائية . مناجم الفحم . مصانع الطلاء بالكهرباء . مصانع الحديد والصلب) .

٩ — مصانع ينتج عنها مخلفات قلوية :

(مصانع كيميائية . مغاسل . مدايع . مصانع النسيج) .

١٠ — مصانع ينتج عنها مخلفات فى درجات حرارة مرتفعة :

(مصانع غسل الزجاج . مصانع الطلاء بالكهرباء . المغاسل . مصانع النسيج) .

ومن أجل توضيح أهمية علاج الخلفات الصناعية لذلك يجب دراسة تأثيرها الضار .

تأثير الخلفات الصناعية على المجارى المائية :

١ — المواد العضوية التى تحويها الخلفات تتحلل ويصدر عنها روائح غير مرغوب فيها .

٢ — مخلفات صناعية تجعل الماء غير صالح للاستحمام أو الرى أو لشرب الحيوان ، كما أنها تमित الأسماك لقلّة الأوكسجين بها .

المواد السامة :

إن التصرف الناتج عن الغازات السامة أو عن السوائل التي يصدر عنها غازات سامة وأبخرة هذه جميعها تسبب أخطاراً جسيمة للعمال الذين يشتغلون في مواسير المجارى وأعمال التنقية والخطر الرئيسى على العمال ليس عادة من المواد السامة نفسها ولكن من الغازات الناتجة عنها كثنائي أكسيد الكربون والميثين وهما خطران لأنهما يخلجان محل الأكسجين في مواسير المجارى . كما أن الأبخرة البترولية تسبب نفس الخطر كما أنها سامة كذلك ويحدث الخطر من التحليل البكتيرى للمواد المحتوية على الكبريت مثل الكبريتات في الظروف الغير هوائية في أغلب عمليات المجارى وينتج عنها كبريتور الأيدروجين (Hydrogen-sulphide) بملأ مواسير المجارى وهو سام جداً .

أما السيانور (Cyanide) في المخلفات الصناعية فإنه يسبب خطراً معيناً لسهولة تحلله إلى إيدروجين السيانور (Hydrogen - Cyanide) وهو غاز سام جداً .

(ب) أخطار على المواسير .

التأثير الـكـيـمـيـ :

وهو زيادة التصرف في المواسير بإضافة التصرف الكبير من المخلفات الصناعية كالماء الناتج من تبريد آلات القوى . وتحمل المواد الصلبة في المواسير ينتج عن صب مخلفات الصناعة المحتوية على مواد صلبة كثيرة قابلة للترسيب وتترسبها تقل قدرة المواسير على تحمل مياه المجارى ويسبب فيضان المجارى وطفحها .

التأثير الكيماوى :

أهم تأثير كيمائى لمخلفات الصناعة على المواسير هو التآكل (corrosion) الناتج عن الأحماض والأملاح والايديروجين المكثرت وغيرها ، من العوامل الإكالة وهذه المواد تفتت الإنشاءات الخرسانية . ومخلفات البلديات قلوية نوعاً ولذلك

٣ — رواسب صلبة ترسب في قاع المجارى المائية وتسبب تعطيل الملاحة .

٤ — كميات كبيرة من الأحماض أو القلويات تسبب تآكل الإنشاءات التي تبني على جوانب المجارى المائية .

تأثير المخلفات الصناعية على عمليات المجارى :

إن مواسير المجارى هي أحسن وسيلة للتخلص من المخلفات الصناعية إذا كانت المواسير تتحمل هذا التصرف . ومياه مجارى المنازل تسبب تخفيفاً لمياه المصانع عند صبها في المواسير بحيث يصبح مجموع المياه صالحاً للتنقية ومقبولاً . وعلى العكس فإن صب مخلفات الصناعة في المواسير يؤدي إلى متاعب عدة للأشخاص والمواسير وأعمال التنقية .

(١) أخطار بالنسبة للأشخاص :

هذه الأخطار على نوعين رئيسيين : وهما خطر الحريق أو الانفجار والأخطار الناتجة من المواد السامة والغازات

المخلفات التي ينتج عنها انفجار :

تحدث عند صب المنتجات البترولية في مواسير المجارى في عدة مدن . ويكون الانفجار في بعض الأحيان من الشدة بحيث يتلطم المواسير نفسها أو يسبب فتح وصلات المواسير وعادت تحدث هذه الانفجارات تطايراً في أغشية المطابق بالشوارع . وأحياناً تحدث أضراراً للأفراد وغيرها بالممتلكات المجاورة .

والجاسولين وغيره من المنتجات الهيدروكاربونية المماثلة هي من أهم أسباب هذه الانفجارات كما أن الزيوت والكيماويات تحدث انفجارات شديدة . أما الحرائق والانفجار الذي يحدث من غاز المجارى فقد يسبب أحياناً حوادث للأشخاص وهذا الغاز يحتوى على نسبة كبيرة من غاز الميثين الناتج عن التعفن اللاهوائى للمواد العضوية المحتوى عليها مجارى المنازل أو بعض مخلفات الصناعة . والمواد الصلبة التي ترسب في مواسير المجارى تتحلل مسببة متاعب كثيرة .

وينتج عنها طبقة سميكة من المواد الطافية وتزيد الحمل على أحواض التخمر وتؤثر على تخمير المواد العضوية الأخرى .

زيادة الحمل من المواد العضوية :

كثير من المخلفات الصناعية تحمل حملاً ثقيلًا من المواد العضوية يقاس بتجربة الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D. (Biochemical oxygen Demand) أى احتياج عملية التنقية إلى أكسجين يزيد عما تتطلبه مياه المجارى العادية لتنقيتها .

وإذا لم يعمل تنقية خاصة لهذه المياه بالمصانع قبل صبها في مواسير المجارى العادية فإنها تزيد الحمل على وحدات عمليات التنقية كالمرشحات وأحواض تنشيط الحمأة . والنتيجة الحتمية لزيادة الحمل هي عدم التنقية السكاملة للمجارى وخروج التصريف من أحواض التنقية غير كامل النقاوة .

التأثير الكيميائى :

يزداد التأثير الكيميائى إذا كانت المياه محتوية على أحماض وأملاح والتأثير الكيميائى الآخر هو زيادة الاحتياج إلى الكيماويات المستعملة في أعمال التنقية مثل الترويب حيث تستعمل الكيماويات المساعدة على الترسيب وكذلك الكيماويات المستعملة في تحديد درجة تركيز الأيون الأدروجينى (الأس الايدروجينى) PH كذلك زيادة الكلورين المستعمل في التعقيم النهائى للمياه .

ولمخلفات الحديد عادة رواسب غير ذائبة تسد ثقوب المرشحات ومسام ناشرات الهواء في أحواض تنشيط الحمأة .

التأثير البيولوجى (الحيوى) :

إن تأثير المواد السامة في المرحلة النهائية من التنقية مبنى على عمل البكتريا الهوائية في المرشحات أو أحواض تنشيط الحمأة التى تتبع مرحلة الترسيب أو التنقية الابتدائية . والمواد السامة الغير قابلة للذوبان وكذا المواد المرسبة في مياه المجارى والمخلفات الداخلة إلى عملية التنقية يحسن إزالتها في عملية

فإن كميات قليلة من المواد الحمضية تتعادل مع القلوية منها ولا يحدث عنها ضرر ما إلا إذا كانت المياه القلوية كثيرة ففسدب تخريباً للمواسير والإنشاءات .

(هـ) التأثير على أحواض التنقية :

زيادة التصريف : إن زيادة مياه المجارى الناتجة عن المخلفات الصناعية تؤدي إلى زيادة مصاريف الرفع بالمضخات إلى أحواض التنقية أو تؤدي إلى زيادة الحمل على المضخات إذا لم تكن مصممة لهذا التصريف الزائد .

كما أنه هناك تأثيراً آخر لزيادة التصريف وهو الإقلال من مدة مكث الماء في أحواض التنقية وخصوصاً في أحواض الترسيب حيث أن التصريف الزائد لا يساعد على الترسيب المطلوب كما أن زيادة التصريف تؤدي إلى زيادة استعمال المواد الكيميائية المطلوبة في أعمال التنقية والتعقيم .

زيادة المواد الراسبة :

زيادة المواد الراسبة التى تصل إلى عمليات التنقية تسبب زيادة الحمل على المصافى وأحواض الراسب الرملى وأحواض الترسيب وآلات رفع الحمأة .

كما أن التخلص من الرواسب يسبب متاعب كثيرة بسبب زيادة حجمها مما تحتاج معه إلى زيادة أحواض تخمير الحمأة والمرشحات وأحواض التجفيف وآلات نقل الحمأة .

والمواد الصلبة الموجودة في المخلفات الصناعية غير مرغوب فيها وليس ذلك لما تسببه من متاعب عند نقلها ولكن لأنها تختلف عن المواد الصلبة الموجودة بمياه المجارى العادية من حيث خواصها . والمواد الصلبة الطافية كالشعر والريش والأقمشة توجد بكثرة في بعض المخلفات الصناعية ولا يمكن التخلص منها في عمليات تنقية المجارى العادية .

كما أن الزيوت والشحوم مشعبة لأنها تسبب وجود مواد طافية (Scum) لا ترسب ولا تجف بسهولة . أما الزيوت الهيدروكاربونية (Hydrocarbon oils) فلا يمكن تخميرها

العمليات والمعلبات والحماة وبقايا الصناعات الكيماوية والمعدنية وبقايا عمليات تيسير الماء .

وهذه المخلفات الصلبة يجب فصلها من المخلفات السائلة فصلاً تاماً بقدر الإمكان حيث أن فصلها وهى فى الحالة الصلبة أسهل . وهذا الفصل يمكن عمله بطرق بسيطة مثل التصفية والترسيب ومع ذلك فإن طريقة فصل المواد الصلبة يجب دراستها لكل نوع من المواد .

(مائياً) المخلفات الغازية :

الغازات المزيجية والأتربة التى تخرج من مختلف الصناعات تسبب تلوثاً فى الجو ولتجنب هذا التلوث يمكن غسل المخلفات الغازية بالماء أو بسوائل أخرى وهذه الطريقة يخرج عنها سوائل محملة بالغازات ستدرس فيما بعد . والطريقة الأخرى للتخلص من الغازات هى بواسطة التخفيف بكميات كافية من الهواء . والمثال على ذلك هو دفع مخلفات السيانييد بعد الأكسدة فى الهواء إذ يتحول السيانييد إلى غاز إيدروجين سيانييد ويدفع فى الهواء . وهذه الطريقة تبدو خطيرة لأن غازات إيدروجين السيانييد له خواص سامة ولكن باستعمال كميات كبيرة من الهواء فإن الغاز لا يعتبر عندئذ ساماً .

(مائياً) المخلفات السائلة :

بعد خروج المخلفات السائلة من المصانع تصب فى بعض الأحسان بدون تنقية سواء فى مجرى مائى أو فى مواسير مجارى . ومقدار التسامح فى هذا الوضع يتوقف على كمية ودرجة تركيز المخلفات وعلى درجة التخفيف الذى يحدث باختلاط المخلفات بمياه المجرى أو ماء المجرى بالمواسير .

ويجب دراسة هذا الموضوع بعناية قبل السماح لأى مخلفات بدخولها المواسير أو المجرى المائية المحلية .

وفى بلى دراسة للعوامل التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار

وهى :

١ — حجم وفائدة المجرى المائى المستقبل للمخلفات .

الترسيب حتى لا تؤثر على المرحلة الثانية من التنقية ولكن المواد الذائبة لا يمكن إزالتها بالترسيب وبذلك ربما تؤخر أو تمنع نشاط البكتريا فى المرحلة النهائية .

تأثير المواد السامة فى أمواسر تخمير الحماة :

إن الحماة التى تتجمع فى أحواض الترسيب الابتدائية وغيرها من أحواض الترسيب الميكانيكية (المروقات) تتأثر بالبكتريا اللاهوائية التى تتلف جزءاً من المواد العضوية الموجودة وتقلل من حجمها السكلى . ووجود المواد السامة فى الحماة له تأثير مؤخر على نشاط البكتريا اللاهوائية وبذلك ربما تؤخر عملية تخمير الحماة أو يمنعها بتاتا .

وأغلب المواد السامة المعروفة هى مركبات المعادن الثقيلة ومنها أملاح الرصاص أو الزنك أو الكروم . وبما أن أملاح الحديد وأملاح الألومنيوم ليس لها تأثير على هذه العملية فإنه يمكن استعمال مثل هذه الأملاح بأمان فى أثناء التنقية الابتدائية للمساعدة على الترسيب .

والمواد السامة القابلة للذوبان تؤثر على عملية التخمير لأن الحماة المرفوعة بالاضخات إلى حوض التخمير (Sludge Digestion Tank) تكون ٩٥٪ منها سائل ولذلك فإن المواد الذائبة تحمل إلى حوض التخمير بدرجة كبيرة .

معالجة مخلفات المصانع :

كما ذكر سالفاً فإن المخلفات الصناعية تكون على ثلاثة أشكال وهى الصلبة أو السيولة أو الغازية وفى بعض الأحيان تكون على هيئة الثلاث أشكال معاً . ولو أن البحث فى هذا المقال يدور حول الحالة الخاصة بالمخلفات السائلة إلا أنه يحسن معرفة شئ عن المخلفات الصلبة والمخلفات الغازية .

(أولاً) المخلفات الصناعية :

من أمثلة المخلفات الصلبة التى تصل إلى المجرى المائية هى نشارة الخشب والأتربة الناتجة عن تفتيت الفحم وبقايا

وأغراض أخرى مثل تبريد الآلات . كما أنه في عمليات التنقية الصغيرة فإن كمية كل نوع مما سبق تكون صغيرة بحيث لا يمكن الاستفادة منها .

٣ — مخلفات المصانع المختلفة عند خروجها مع بعضها فإنها تتفاعل وبذلك تعمل على الترسيب بدلاً من إضافة مواد مساعدة على الترسيب .

ولتوضيح هذه النقطة نذكر أن المخلفات الحمضية وتحتاج عادة إلى الجير والمواد القلوية لمساعدة على التعادل يمكن عند إضافتها لمخلفات قلوية من مصنع آخر أن تعمل على التعادل المطلوب بدون تكاليف مطلقاً عدا تكاليف وضع مواسير لتوصيل المخلفات إلى عملية التنقية .

وفي حالات أخرى فإن المخلفات القليلة الكمية وذات درجة عالية من معدل الأوكسجين الحيوى الممتص ، من مصنع معين يمكن إضافتها إلى مخلفات مصنع آخر كبير التصرف ومخفضة في معدل الأوكسجين الحيوى وبذلك ينتج عنها خليط ذو معدل أوكسجين حيوى مقبول يمكن تنقيته اقتصادياً بالطرق العادية . وفي الختام نرى أنه في المناطق المزدحمة بالمصانع يجب دراسة جميع المخلفات من هذه المصانع حتى يمكن عمل تنقية لها اقتصادياً وبالتالي حل مشكلة التلوث .

تحليل المخلفات :

العامل المهم قبل دراسة تحليل المخلفات الصناعية هو الدراسة الكاملة لطبيعة وخواص المخلفات المطلوب معالجتها .

وأهم العوامل التي يجب تحقيقها هي :

١ — حجم المخلفات وأسبقية التخلص من التصرف وهذا يدعو إلى دراسة طريقة عملية التخلص من المخلفات لتحديد ساعات التشغيل للأنواع المختلفة من المخلفات .

٢ — اللون : ففي كثير من المصانع وخصوصاً مصانع النسيج حيث الصباغة من أهم أجزاء عملية الصناعة يحدث كثيراً أن يختلف لون المخلفات من آن لآخر أثناء اليوم

٢ — حجم المخلفات بالمقارنة مع أقل تصرف للمجرى .

٣ — بعد أقرب بلدية تحت التيار تستعمل نفس المجرى المائى كمورد لمياه الشرب .

٤ — حالة المجرى المائى .

٥ — خواص المخلفات وتأثيرها المنتظر على استعمال المجرى .

(أ) لأغراض الشرب .

(ب) لأغراض الملاحة .

(ج) لأغراض النزهة أو السياحة .

(د) لاستعمالها في صناعات أخرى .

٦ — تأثير المخلفات على المنشآت المجاورة للمجرى .

٧ — التأثير المنتظر على شبكة المجارى المحلية بما في ذلك أعمال تنقية المجارى من حيث القدرة على استيعاب التصرف الجديد والتأثير المنتظر على وحدات أعمال التنقية وطريقة التنقية . فإذا كان من الضروري معالجة المخلفات كما هو الحال في كثير من الحالات فإنه يحسن تجميع التصرفات المتماثلة لإمكان معالجتها في عملية واحدة إذ أن لذلك مزايا عديدة منها :

١ — التكاليف بالنسبة للوحدة الحجمية في عملية تنقية كبيرة أقل منها في العمليات الصغيرة المصممة لتنقية كمية مخلفات صغيرة . وهذه التكاليف تشمل تكاليف المنشآت وإدارتها وصيانتها .

٢ — كمية الرواسب (الحمأة) والغاز والمياه الخارجة من العملية في عملية تنقية كبيرة تكفى لاستعمالها لأغراض كثيرة . كما أن الحمأة المجففة تباع بثمن يساعد على الإقلال من تكاليف إدارة العملية إذ أنها تستعمل كسماد للزراعة .

وكمية الغاز الناتجة من أحواض التخمر تستعمل لإدارة الآلات التي تعمل على تشغيل بعض وحدات عملية التنقية . والتصرف الخارج من العملية يمكن استعماله في الري

أحواض الترسيب وأحواض التخمر وتدرجياً ترسب داخل المواسير والسطوح الأخرى التي يصل بها الأمر إلى أن تسد المجرى أو الأحواض الكلية .

٩ — البكتيريا : بعض المخلفات التي تحتوى على مياه غسل الحيوانات ربما تحتوى على كميات من البكتيريا وكثير منها غير ضار بالإنسان .

ومخلفات المدابغ مثلاً تحتوى على البكتيريا العضوية من ذوات البذور التي يصعب جداً قتلها بالطرق العادية . وبعد الانتهاء من عمل التحليل السابق يمكن الحصول على فكرة عن تكوين وحالة المخلفات الخارجة من الأجزاء المختلفة من المصانع وعندئذ يسهل تحديد نوع التنقية المطلوبة .

جمع وفصل المخلفات :

تنقل مخلفات الصناعة الخارجة من المصانع إلى عمليات التنقية خلال شبكة مواسير المجارى . وهذه الأحواض والمواسير يجب تصميمها وتصميمها خاصة نظراً لطبيعة وخواص المياه الغير عادية المنصرفة إليها من حيث التركيز الكبير للمواد الصلبة القابلة للرسوب والزيوت الطافية والمواد المسببة للتآكل .

ومن المستحسن فصل هذه المخلفات من الوجهة الاقتصادية والفنية فمثلاً في عملية طلاء المعادن فإن مخلفات المصانع وسائل السيانور يجب حفظها بعيداً عن المخلفات الحمضية لأنه إذا مزجنا هذين السائلين صدر عنهما غاز سيانور الأيدروجين وهو غاز سام جداً . كما أنه يحسن فصل المخلفات القوية من المخلفات الضعيفة في أثناء طريقها إلى أحواض التنقية للأسباب الآتية :

١ — المخلفات القوية يمكن إزالتها إذا لم تخفف بسوائل أخرى .

٢ — من الوجهة الاقتصادية فإن معالجة المخلفات القوية أرخص أصغر كميتها واحتياجها عندئذ لمواد كيميائية قليلة .

الواحد لأن مواد الصباغة المستعملة وهى من تركيب كيمائى مختلف ولذا فإن لها تفاعلات مختلفة أثناء العملية ولذلك كان من المهم معرفة اللون وأسبابه .

٣ — الحرارة : هذا العامل مهم لأنه ربما يدل على ضرورة أو عدم ضرورة تبريد المخلفات قبل معالجتها . وبعض المخلفات تصب في درجة حرارة قريبة من درجة الغليان وهذا النوع ليس فقط من الصعب معالجته ولكنه كذلك يتنافى العملية البكتريولوجية .

والمخلفات ذات الحرارة أكثر من ٥٥ درجة مئوية أو أقل من ١٠ درجات مئوية تؤخر أو توقف عملية التخمر .

٤ — درجة تركيز أيون الأيدروجين pH وهذا يدل على قلوية أو حمضية المخلفات وهو يدعو إلى دراسة احتمال تجميع المخلفات مع بعضها للحصول على مخلفات متعادلة طبيعياً أو مخلفات مرسبة .

٥ — كمية المواد الصلبة : وهذه تشمل المواد الصلبة العالقة أو الدائبة والمواد القابلة للرسوب وهى دليل على نوع المعالجة اللازمة للمخلفات .

٦ — المحتويات الكيميائية : من المهم معرفة محتويات المخلفات الكيميائية لتحديد نوع المعالجة اللازمة . والمواد المسببة للتآكل الشديد هى السيانور والكلورور والكبريتات والفينول وهذه يجب تحديدها بدقة .

٧ — الأكسجين الحيوى المتص وهذا المقياس يدل على حد ما على قوة المخلفات ودرجة تلوثها وبناء على ذلك يمكن تحديد نوع المعالجة المطلوبة لها .

٨ — الشحوم والزيوت : محتويات المخلفات من الشحوم والزيوت يجب تحديدها بدقة لأنها تسبب متاعب في عمليات التنقية إذ أنها تتسبب في سد المواسير وناشرات الهواء وغيرها من الأجزاء الدقيقة . والشحوم في السائل الساخن ربما لا تكون مضره ولكن كلما بردت المخلفات فإن الشحم أو الدهن أو الصابون تسبب حصيرة على سطح

وفي كثير من الحالات فإن الطرق الثلاث المذكورة سابقاً ربما اندمجت مع بعضها في أحواض تنقية اقتصادية واحدة للحصول على النتيجة المطلوبة .

فمثلاً المعالجة بقذف المخلفات في خنادق ليست فقد عملية هوائية ولكنها تعمل كذلك على الترسيب والتبخير وفي بعض الأوقات تعمل البكتيريا اللاهوائية في بعض أجزاء من الخنادق .

المعالجة الطبيعية :

(١) الترسيب : بما أن جميع عمليات معالجة المخلفات تستخدم الترسيب كعملية أساسية ولذلك منبجث هنا بعض الأمثلة ومنها طريقة معالجة مياه مجارى البلديات إذ أنها تستعمل كما هى فى معالجة مخلفات الصناعة .

معالجة المجارى : يستعمل الترسيب كعملية أولية قبل القيام بالعمليات الأخرى كعملية نهائية فى عمليات أخرى وهى عملية مهمة جداً فى جميع الحالات . والترسيب يأخذ شكلاً من الأشكال الثلاثة الآتية وهى :

(١) إزالة الرمال : فى جميع عمليات المجارى فإن المجارى الحام تمر فى حوض الراسب الرملى لترسيب الرمال التى تزيد عن ٢.٠ ملليمتر (تحجز على منخل ٦٥) والمواد الصلبة التى يزيد وزنها النوعى عن ٢ أو ٢.٥ ويصمم حوض إزالة الرواسب الرملية لمدة مكث حوالى دقيقة وتتراوح السرعة فى الأحواض بين ١.٥ إلى ٣.٠ متر فى الثانية .

وهذه العملية هى الخطوة الأولى فى التنقية بعد التخلص من الأخشاب والقماش وغيرها بمرورها فى المصافى .

وفى حالة مخلفات الصناعة يمكن إزالة الرمال بمرار المخلفات فى حفر ليس لها تصميم خاص حيث تمكث المخلفات مدة ٣.٠ ثانية أو أكثر وهذه الحفر تفرغ محتوياتها من الرواسب والرمل سنوياً .

٣ — المخلفات الضعيفة المخففة يمكن التخلص منها بدون تنقية ولذلك يجب جمعها على انفراد .

كما أنه فى حالة الاحتياج إلى معالجة بسيطة للمخلفات الضعيفة فيكون إدخالها فى عملية التنقية بعد المعالجة الابتدائية للمخلفات القوية .

طرق معالجة المخلفات :

إن الطرق التى كانت تستعمل لمعالجة مياه المجارى وفى بعض الأحيان مياه البلديات يمكن تطبيقها على مياه المصانع . وتنقسم عمليات تنقية المخلفات إلى ثلاثة أقسام رئيسية هى : المعالجة الطبيعية . المعالجة الكيميائية . المعالجة البيولوجية .

١ — المعالجة الطبيعية :

وتحتوى هذه على العمليات التى لا تحدث تغييراً من الوجهة الكيميائية فى المخلفات مثل الترسيب والتصفية والترشيح والتسخين والتبريد والغليان والتبخير والتغير الكيميائى ربما يحدث مع هذه العمليات ولكنه مسبب عن العمليات الطبيعية .

٢ — المعالجة الكيميائية :

المعالجة الكيميائية وتعنى إضافة كمواد إلى المخلفات وتدل على التغيرات الكيميائية فى محتويات المخلفات . ومن عمليات التنقية الكيميائية التعادل الأحماض أو القلويات وكذلك ترسيب هيدروكسيد للعادن والأكسدة بالهواء أو الأوزون أو الكلورين أو مواد أخرى وكذلك التبادل الأيونى .

٣ — المعالجة البيولوجية :

المعالجة البيولوجية ربما كانت هوائية أو لاهوائية . ومن طرق المعالجة الهوائية ترك المخلفات فى خنادق مفتوحة والترشيح البيولوجى وعملية تنشيط الحماة . أما المعالجة اللاهوائية فمنها عملية تخمير الحماة .

مصانع الورق يسمى بالماء الأبيض لأنه يحتوى على كمية كبيرة من المواد الصلبة العالقة .

والمراد التى يحملها الماء فيها خسارة على المصنع كما أنها تسبب تلوثاً لمياه المجرى إذ أنها تزيد سرعة الماء وتغير لونه ورائحته وتزيد فى الأوكسجين الحيوى الممتص . والحصول على هذه المواد أصبح عادياً فى معظم مصانع الورق وذلك باستعمال أحواض ترسيب مخروطية مصممة بحيث أن حجمها يتسع لتصرف ٣٠ دقيقة فتتخلص من حوالى ٣٠ — ٦٠٪ من الرواسب فى حالتها العادية . كما أن المياه يمكن إعادة استعمالها .

تصميم أحواض الترسيب :

معدل مسطح الترسيب هو العامل المهم فى حساب أحواض الترسيب إذا كانت العملية ترسيب فقط يبلغ حوالى ٦٠٠ — ٩٠٠ جالون للقدم المربع فى اليوم .

وفى أحواض الترسيب الابتدائية حوالى ٩٠٠ — ١٢٠٠ جالون للقدم المربع فى اليوم .

وفى أحواض الترسيب النهائية حوالى ٩٠٠ — ١٠٠٠ جالون للقدم المربع فى اليوم .

وعمق الحوض يكون على الأقل ٥ قدم أو ٨ — ١٠ أقدام والأعمام من ١٢ — ١٣ قدم تستعمل فى بعض الأحيان .

٢ — الطفوف :

كثير من مخلفات الصناعة تحتوى على نسبة كبيرة من المواد الصلبة الرفيعة والدهنيات والشحوم والألياف وهذه المواد الصلبة لا تتحلل ولذلك تتدخل فى عملية التنقية .

والشحوم والدهون عند وجودها مع المخلفات السائلة الأبرد منها وفى أثناء مرورها فى مواسير المجارى تتجمد مكونة طبقة تغطى المواسير من الداخل تعمل على سدّها كلية أو تسبب متاعب فى آلات توزيع المياه بالمرشحات .

كما أن المواد اللدنية الرفيعة تكون حصىرة على سطح

(ب) الترسيب الابتدائى :

بعد إزالة الرمال فإن الخطوة الرئيسية بعد ذلك فى عمليات تنقية المجارى هى الترسيب فالمجارى تدخل فى أحواض ترسيب مسعتها ٢ ساعة فالترسيب يتخلص من ٣٠ إلى ٧٠٪ من المواد العالقة جميعها وبازالتها فإننا نتخلص من ٢٠ إلى ٥٠٪ من الأوكسجين الحيوى الممتص للمياه الخام .

وهذه الدرجة من التنقية تعمل تخفيض الجهد اللازم لخطوات التنقية التالية حيث يسمح باستعمال أحواض أصغر ويقلل من كميات المواد الكيميائية اللازمة فى عمليات التنقية مثل الكلورين .

وفى عمليات التنقية الصغيرة فإن الترسيب الإبتدائى يمكن أن يدمج فى أحواض التحليل أو أحواض إمهوف التى تعمل على حجز الحمأة وتخديرها بواسطة البكتيريا اللاهوائية . وفى كثير من الأحوال نزال الحمأة من أحواض الترسيب الابتدائية للتخدير فى وحدات مستقلة .

(ج) الترسيب النهائى :

فى العمليات البيولوجية كالترسيب أو أحواض تنشيط الحمأة فإن بعض المواد العضوية الذائبة تتأكسد إلى غازات أو مواد ذائبة لا تسبب تلوثاً للماء ولكن الجزء الأكبر يرسب كمواد صلبة وهذه المواد الصلبة تكون معلقة فى المياه الخارجة من الأحواض وتزال فى أحواض الترسيب النهائى وفى عملية الترسيب بالترويب أى باستعمال المروبات الكيميائية فإن هذه الكيميائيةات تمزج مع مياه المجارى للحصول على مواد مروبة تعمل على جذب الجزيئات العالقة من المواد الصلبة والمراد الغروية ، وجميع المواد الغير قابلة للذوبان يمكن بعدئذ إزالتها فى أحواض الترسيب النهائية قبل صرف المياه .

مخلفات صناعة الورق :

يتخلف عن هذه الصناعة ألياف صغيرة كثيرة يحملها الماء خلال تصافى الورق وتخرج مع مياه المصنع كما يخرج كذلك مواد أخرى مثل الطفل . والماء الخارج من

أحواض الترسيب وفي أحواض محمير الحماة وهذه الحصرة تتدخل في عمل الأحواض كما أنها تؤخر خروج الغاز المتكون في أحواض التخمير .

ويوجد عدة طرق لإزالة هذه المواد من المخلفات ومنها :

(١) طريقة دفع هواء في كتلة المخلفات حتى تعوم المواد الصلبة الخفيفة مسبباً ارتفاعها إلى السطح حيث يمكن كشطها .

(ب) الطريقة الثانية هي بسحب الهواء وبذلك ترتفع المواد الخفيفة إلى سطح الحوض .

وفي هذه الطريقة يجب تهوية المخلفات أولاً لمدة بسيطة
مكوناً فقائيع هوائية دقيقة بها وهذه الفقائيع تتجمع حول
المواد الصغيرة الخفيفة ونساعدتها على أن تعوم إلى السطح .

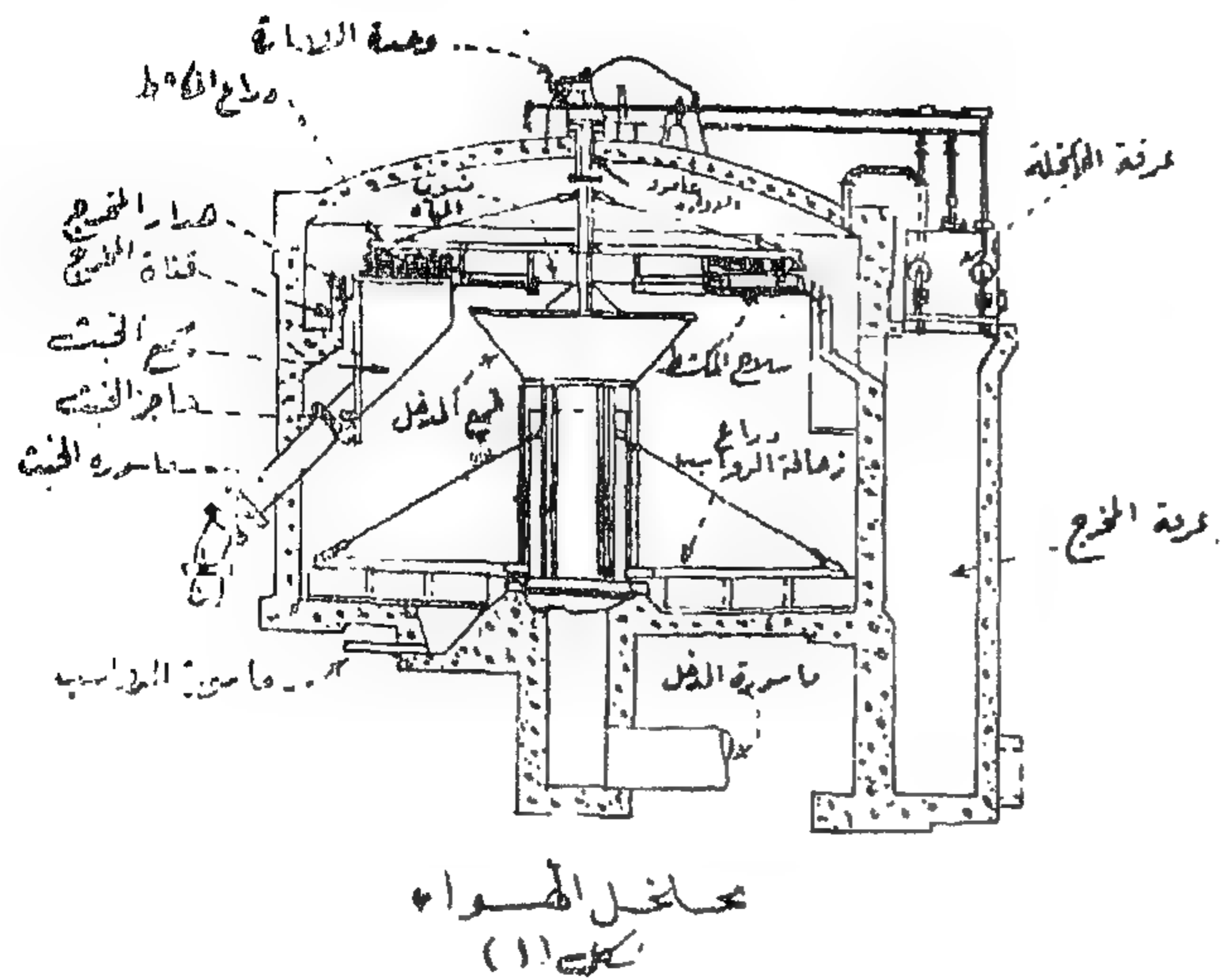
ثم تدخل المخلفات في حوض مغلق حيث يخالل الهواء إلى ٩ بوصات من الزئبق فالمواد المحاطة بالفقايع الهوائية تميل إلى الارتفاع إلى السطح ويساعدها سحب التخلخل مساعدة تسرع بها إلى الحركة الرأسية وتتجمع بسرعة على سطح السائل حيث تجمع باستمرار وتزال بزحافات ميكانيكية للمحث .

وهذه المواد الصلبة تمر بعدئذ في موامير خاصة إلى أحواض مستقلة لمعالجتها بدون إمرارها في أحواض التنقية .

والأحواض الخاصة المذكورة تمر فيها المواد السابقة بسرعة كبيرة نظراً لأنها سبق تهويتها وتخفيف الهواء عنها عما هو الحال في أحواض الترسيب العادية حيث تطفو المواد.

وفي حوض الترسيب العادى المزود بزحافات ميكانيكية
 يجمع الحمأة وذراع الجمع الحثث فان السرعة تبلغ ٨٠٠ —
 ١٠٠٠ جالون للقدم المسطح الواحد من مسطح الحوض .
 أما فى الحوض المفرغ المذكور فإن الرقم لا يقل عن ٥٠٠٠
 جالون للقدم المسطح من مسطح الحوض وذلك يتوقف على
 نوع المخلفات المطلوب إزالتها وسرعة ارتفاعها بالأحواض .

ومثل هذه الأحواض أصغر وأرخص من أحواض



المصافي :

المصافي ذات الفتحات الواسعة (Coarse screens) :

تتراوح المسافة بين الأسياخ فى المصافي ذات الفتحات الواسعة بين $\frac{1}{4}$ إلى ٢ أو ٣ بوصات تستعمل عادة لحماية مداخل المضخات وغيرها من الأجهزة من التلف أو الانسداد بالأشياء الصلبة الكبيرة الحجم .

والمواد الصلبة التى تحببها هذه المصافي تحتوى على العصى وغيرها من الأخشاب والحرق والورق والمتخلفات الحيوانية والنباتية .

والمصافي ذات الأسياخ يمكن تركيبها محلياً وتثبت فى مجرى المخلفات على زاوية حوالى ٥° درجة بحيث تميل إلى خلف المجرى .

وتنظيف هذه المصافي يمكن أن يتم باليد العاملة وذلك فى أعمال المجرى الصغيرة وفى أعمال تنقية مخلفات الصناعة . أما فى أعمال التنقية الكبرى . فتتنظف المصافي آلياً إذ تتحرك قضبان عرضية مثبت بها أصابع تدخل بين أسياخ المصافي لتنظيفها . وهذه القضبان التى تحمل الأصابع مثبتة فى سلسلة مستمرة تتحرك آلياً فينظف ما بين الأسياخ من أسفل إلى أعلى . كما يمكن أن تثبت الأصابع فى عربة تتحرك إلى أعلى وإلى أسفل أمام المصافي .

وأجهزة التنظيف هذه لا تعمل باستمرار ولكنها تشتغل عند اللزوم ويقوم بتشغيلها العامل المسئول عن مرفق التنقية . كما يمكن تشغيلها بواسطة عوامة تشتغل ذاتياً بالضغط الفاقد فى مرور الماء خلال المصافي .

ويمكن تسهيل عملية تنظيف المصافي إذا لم تكن موضوعة رأسيّاً بل قريباً من الأفقى والانحدار القريب من الأفقى يساعد على التنظيف لأن المواد الصلبة تتجمع فى الجهة العليا من المصافي . وبالعكس فإن المصافي القريبة من الأفقى تحتاج إلى أسياخ أطول وتجعل التنظيف اليدوى صعباً . وإذا

كانت مسطحة تماماً وكانت سرعة المياه خلالها تزيد عن ٢ قدم فى الثانية فإن المواد الصلبة ربما تندفع خلال الأسياخ . والأسياخ ذات القطاع على شكل شبه منحرف وجانبها الصغير فى جهة المخرج فإنها تكون منظفة ذاتياً ومن السهل إبقاؤها نظيفة .

ومن مساوئ المصافي بالأسياخ أن إنشاءها فى المجرى المكشوفة يقلل من معدل التصريف المار خلال المجرى ولهذا الظاهرة سببان :

أولهما : هو نقص مساحة القطاع الذى تمر فيه المياه نظراً لوجود عائق هو أسياخ المصافي وقد أمكن معالجة هذا العيب بتوسيع قطاع المجرى فى مكان المصافي وقريباً منها .

والسبب الثانى : هو الانسداد الجزئى لعيون المصافي بسبب تراكم الرواسب عليها . وتجمع الرواسب المحبوسة على المصافي بالطرق الآلية أو اليدوية ثم تعدل للتخلص منها نهائياً إما بالدفن أو الحرق وإذا لم تتيسر هاتين الطريقتين فإنه يمكن تقطيع أو طحن هذه المتخلفات الصلبة إلى أجزاء صغيرة تمهيداً لحلطها بالمياه وذلك باستعمال آلات خاصة مثل جهاز التقطيع لـكى تعالج فى أحواض الترسيب .

٢ - المصافي ذات الفتحات الضيقة :

(Fine - screens) :

يصنع هذا النوع من المصافي من أسلاك من الصلب أو أى مادة تقاوم التآكل . وكثيراً ما يستعمل البرنز والصلب عديم الصدأ فى صناعة هذه المصافي كما يستعمل البلاستيك وعدة سبائك أخرى لهذا الغرض . وتتراوح سعة فتحات هذا النوع من المصافي بين $\frac{1}{16}$ ، $\frac{1}{4}$ من البوصة . ورغم أن المصافي ذات العيون الضيقة نادرة الاستعمال فى أعمال التنقية بمياه المجرى العادية إلا أنها شائعة الاستعمال فى أعمال التنقية لكثير من متخلفات الصناعة كمصانع تعبئة الخضروات واللحوم والفواكه . والمدابغ وسائر المتخلفات التى تحتوى على مواد صلبة دقيقة .

ولهذه المصافي عدة أشكال وأنواع تعتمد فى تشغيلها إما

مصانع التغليف نظراً لاحتوائها على كميات هائلة من المواد التي يمكن فصلها في حالة جافة والاستفادة منها .

كما أن لها أهميتها أيضاً في معالجة وتخلفات عامل التقطير ومصانع البيرة حيث تضغط المواد الصلبة المتخلفة عن عملية التصفية وتجفف ثم تستعمل كغذاء للماشية .

وفيما يختص بمخلفات مصانع الألبان فإنه بالرغم من عدم احتوائها على أى مواد يمكن الاستفادة منها بعد حجزها على المصافي فإن الأمر يقتضى أحياناً معالجتها في المصافي ذات الفتحات الضيقة قبل المرشحات وذلك بقصد التخلص من الندف الصغيرة المتكثلة أثناء التشغيل والتي قد تسبب انسداد مسام المرشح .

(ب) مرشحات الرمل السريعة :

يتكون المرشح الرملى من طبقة سفلى من الزلط تعلوها طبقة من الرمل الحشن وهذه الأخيرة تعلوها طبقة من الرمل الناعم . ويلسب السائل المطلوب ترشيحه خلال طبقات المرشح من أعلى إلى أسفل حتى يصل إلى المصارف الموجودة في قاع المرشح فيسلك طريقة إلى الخارج ، ولغسيل المرشح هناك عدة طرق أكثرها استعمالاً هي الطريقة المتبعة لغسيل المرشحات لمياه الشرب وهي تتخلص في ضغط المياه من أسفل المرشح إلى أعلاه بمعدل كاف لتقليب طبقة الرمل .

ومن أمثلة المرشحات الحديثة الاختراع مرشح (الماجنيت) الذي يتكون من طبقة من صخر الماجنيت بسماك ٣ بوصات وبأسفلها مصفاة من البرنز أو أى مادة أخرى غير مغناطيسية ويتم غسيل هذا النوع من المرشحات بواسطة مغناطيس كهربائي مهمته تقليب طبقة الماجنيت المطلوب غسيلها . وفي هذه الأثناء يسלט تيار مائى خلالها لتخليصها من المواد العالقة بجزيئاتها ولم يلق هذا النوع من المرشحات أى نجاح نظراً لوجود بعض العقبات الآلية في التشغيل . أما التطبيق العملى الأساسى لفكرة المرشحات الرملية فهو عبارة عن أحواض تجفيف الحماة المتخلفة من أحواض الترسيب أو أحواض التخمر . والتي تحتوى على نسبة مياه تتراوح بين ٩٠ ،

على الدوران أو الاهتزاز وذلك بقصد تسهيل عملية التنظيف وإزالة الرواسب فهناك النوع الأسطوانى وهو يتركب من إطار معدنى مغطى بشبكة سلكية (وهى المصفاة) مفتوح من كلتا جهتيه . وتنغرس المصافي جزئياً في المياه المطلوب تنقيتها وتدور الأسطوانة بحيث تتجمع المواد الصلبة الناتجة من التصفية على الوجه الخارجى للمصافي ويصير إزالتها من الجزء العلوى غير المغمور من الأسطوانة إما بواسطة الفرش أو بالاستعانة بالقوة الطاردة المركزية في حالة استعمال المصافي الدوارة ذات السرعة العالية وتخرج المياه بعد تخليصها من المواد الصلبة من الجهة الأخرى المفتوحة من الأسطوانة تجاه محورها .

تطبيقات عملية :

١ - صناعة تعبئة الخضروات والفواكه واللحوم :

تعتبر المصافي ذات الفتحات الضيقة من الوحدات الأساسية في عمليات تنقية مخلفات صناعة التعبئة في العلب لما لها من أثر فعال في التخلص من جزء كبير من المواد العالقة وبالتالي تخفيف العبء على وحدات التنقية التي تلى المصافي وقد تستعمل كلا النوعين سالف الذكر — المصافي الدوارة والمصافي المهترزة — وتزال المواد الصلبة المتخلفة عن عملية التصفية أولاً بأول بواسطة تيار موجه من الماء وبالإضافة إلى هذا فإنه يصير تنظيف المصافي يومياً بالبخار لتخليصها من الشحوم والمواد العضوية التي قد تسبب الانسداد السلكى أو الجزئى لفتحات المصافي . وغالباً ما تحتوى المياه الخارجة من المصافي على مواد دقيقة . ولذا فإنه من الضروري في مثل هذه الحالات معالجة المياه في أحواض ترسيب للتخلص من هذه المواد . وجدير بالذكر أنه في إحدى الوحدات التجريبية أثبتت المعالجة في المصافي ذات الفتحات الضيقة كفاءة تامة بحيث خرجت منها المياه (على درجة عالية من النقاوة) إلى المرشحات مباشرة دون الحاجة إلى أحواض الترسيب .

٢ - صناعات أخرى :

للمصافي ذات الفتحات الضيقة أهميتها في معالجة مخلفات

في سائل الحمأة . ويمكن استعمال قرص الناتج من هذه العملية كسماد . أما المياه الناتجة من عملية الترشيح فتعاد لخلطها بالمياه الخام في مستهل عملية التنقية . وتفيد إضافة الكيماويات مثل كلوريد الحديد والجير في زيادة معدل الترشيح والحصول على قرص الحمأة في درجة عالية من الجفاف .

تطبيق عملي :

استعملت طريقة الترشيح المستمر بالخلخلة الهوائية في معالجة مخلفات صناعة تعبئة اللحوم حيث تم خلط الحمأة المتخلفة من حوض الترسيب الابتدائي والنهائي وإضافة كلوريد الحديد والكلورين وترشيح هذا الخليط في المرشحات سالفة الذكر . وقد أمكن الحصول على قرص حمأة يحتوى على نسبة مياه تقدر بحوالى ٧٥٪ .

تفصيل الطاقة الحرارية :

هناك عدة طرق لمعالجة مخلفات الصناعة تعتمد في فكرتها على رفع أو خفض درجة الحرارة ورغم كونها غير اقتصادية لما تحتاجه عملية التسخين أو التبريد إلى كميات كبيرة من الوقود أو مياه التبريد فإن الصور المختلفة التالية لتشغيل واستغلال الطاقة الحرارية قد استعملت في بعض الوحدات لمعالجة مخلفات الصناعة وأهم هذه الصور :

(أ) التسخين .

(ب) التبريد .

(ح) التبخير .

(د) التجفيف .

(هـ) الحرق .

وفيما يلي شرح لأهمية هذه الطرق وتطبيقات عملية :

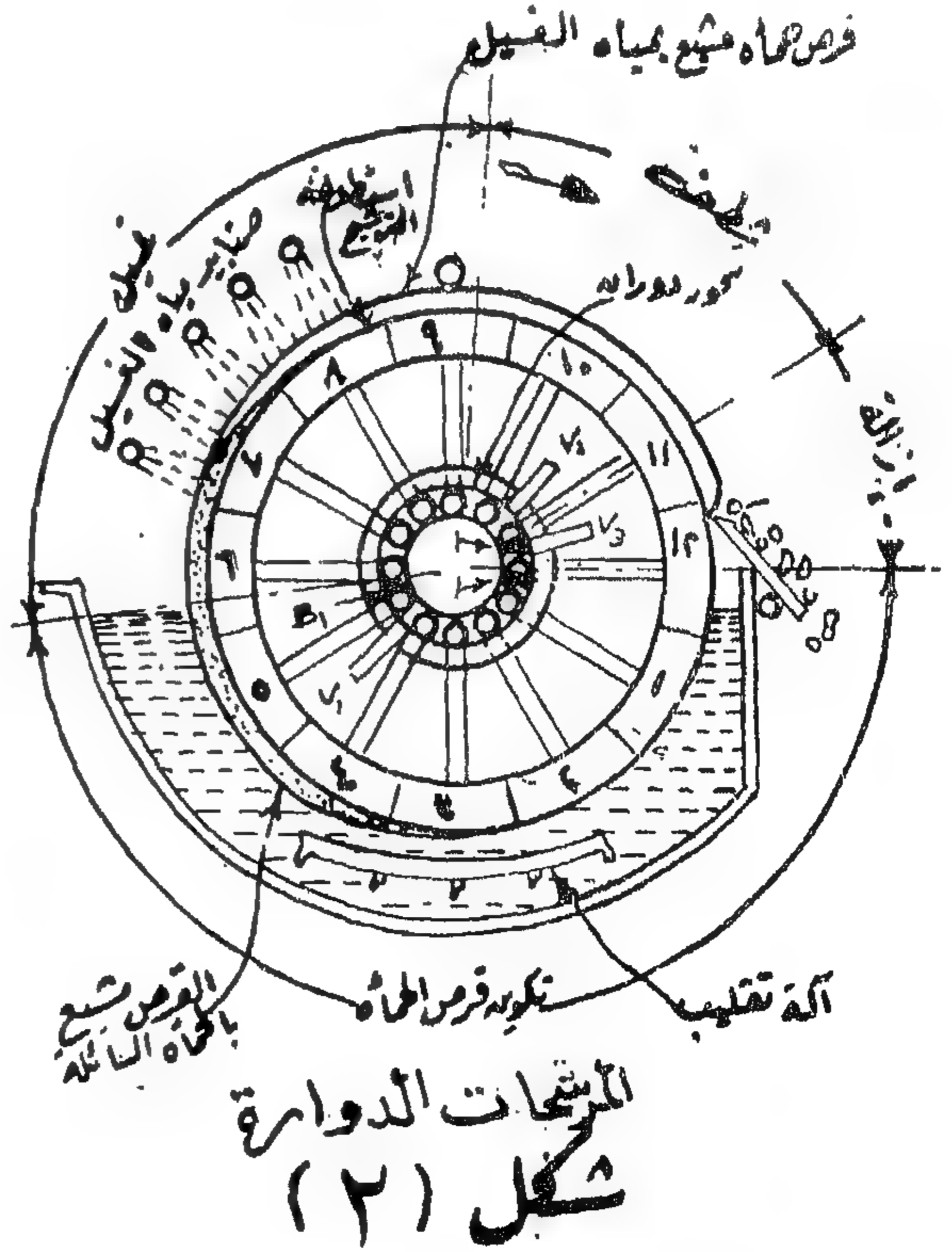
(أ) التسخين : لتسخين مخلفات الصناعة المزايما التالية :

١ — قتل البكتريا والكائنات الحية الأخرى بالتسخين لدرجة الغليان — أى الوصول إلى حالة التعقيم .

٩٨٪ إذ تنساب الحمأة إلى الأحواض حيث تهجز المواد الصلبة وتسرّب المياه خلال طبقة الترشيح إلى مجرى المخرج وتترك الحمأة لتجف وبعدئذ تنقل إلى حيث تستغل كسماد أو خلافه .

(ج) الترشيح خلال طبقة قماشية :

تسمى مرشحات هذا النوع بالمرشحات الدوارة . (شكل ٢) وهى تتكون من هيكل معدنى أسطوانى يغطى سطحه الخارجى طبقة الترشيح وتدور هذه الأسطوانات ببطء حول محورها الأفقى بحيث ينغمس جزؤها الأسفل في السائل المطلوب ترشيحه . وبواسطة الخلخلة الهوائية داخل الأسطوانة يمكن سحب المياه خلال طبقة الترشيح إلى داخل الأسطوانة حيث يمكن التخلص منها بواسطة عدة مواسير داخلية أما الرواسب فتبقى ملتصقة بطبقة الترشيح بفعل الخلخلة الهوائية إلى أن تصل إلى منسوب علوى تنعدم فيه تأثير الخلخلة وعندئذ يمكن غسلها بالمياه للتخلص من المواد الذائبة بقرص الحمأة . ثم يصير فصل القرص من المرشح بواسطة مكشطة خاصة كالمبين بالشكل وقبل أن تعود للاتعاس



تسخينه وتتصاعد نوايح الاحتراق إلى هيئة فقاعات ساخنة خلال السائل حتى تصل إلى سطحه العلوى وبهذه الطريقة أمكن الحصول على كفاءة حرارية عالية لم يكن من الممكن الحصول على مثلها في الطريقة الأولى .

تطبيق عملي : (تسخين أحواض تخمير الحمأة) :

هناك طريقتان لتسخين محتويات أحواض تخمير الحمأة أولاها — باستعمال المواسير الملفوفة داخل الحوض والتي يمر بداخلها نيار مستمر من المياه الساخنة .

والطريقة الثانية : باستعمال جهاز التبادل الحرارى الخارجى .

وفي كلتا الطريقتين يتم تحلل المواد العضوية بواسطة البكتيريا اللاهوائية وفي درجة الحرارة المناسبة .

ويعيب الطريقة الأولى وجود الرواسب حول المواسير الملفوفة والتي تكون عازلا قويا يمنع إنتقال الحرارة من داخل الأنابيب إلى محتويات الحوض ولتوضيح ذلك :

تبلغ درجة حرارة المياه الساخنة عند دخولها للمواسير حوالى ٥٥ درجة مئوية وعند خروجها بلغت ٤٣ درجة مئوية ، أى أن المياه الساخنة لم تفقد سوى ١٢ درجة مئوية فقط أثناء مرورها بالحوض . ويعيب هذه الطريقة أيضاً عدم إمكان الوصول إلى المواسير الملفوفة لإجراء أى تصليح أو تنظيف فيها إلا بعد تفريغ الحوض من محتوياته — الأمر الذى يتسبب عنه تعطيل العملية

أما الطريقة الثانية : وهى التى تستخدم فيها أجهزة التبادل الحرارى الخارجية والتي أصبحت الآن المنافس الأول لطريقة المواسير الملفوفة سائلة الذكر فهى تمتاز عن سابقتها بأن جميع العدد والآلات الخاصة بها فى متناول اليد ويسهل إجراء أى إصلاح أو تجديد أو الكشف عليها دون الحاجة إلى تفريغ محتويات الحوض أو تعطيل العملية . ويستعمل جهاز التبادل الحرارى لتسخين الحمأة الداخلية إلى الحوض وللمحافظة على محتويات الحوض فى درجة حرارة ثابتة وذلك

٢ — تجمع البروتينات والمواد الغروية الأخرى وتكتلها بتأثير الحرارة وبالتالي سهولة التخلص منها .

٣ — غالباً ما يفيد التسخين فى طرد الغازات والمواد الطيارة مثال ذلك سيانيد الايدروجين من المتخلفات، الحمضية لمصانع الطلاء بالكهرباء . وكبريتيد الايدروجين من المتخلفات البترولية .

٤ — تخفيض معدل الأكسجين الحيوى الممتص بنسبة ٦٠ — أو ٧٠٪ من قيمته الأصلية عند التسخين إلى ضغط ٢٠٠ رطل على البوصة المربعة . وترتفع هذه النسبة إلى ٩٠٪ برفع درجة الحرارة والضغط وبذا يمكن الحصول على متخلفات سهلة التنقية .

٥ — يفيد التسخين فى تحويل المتخلفات المحتوية على مادة السيانيد إلى مركبات الصوديوم والنشادر . فقد أثبتت التجارب أنه بالتسخين لدرجة حرارة ١٦٠ إلى ١٧٠ درجة مئوية لمدة تتراوح بين ٣ و ٧ ساعات يمكن خفض درجة تركيز السيانيد من ١٠٠٠٠ جزء فى المليون إلى حوالى ٤ أجزاء فى المليون فقط .

طرق التسخين :

يمكن الحصول على الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة السائل إما بتسخين جدران الحوض المحتوى عليه أو بتلامس السائل للغازات والأبخرة الساخنة .

والطريقة الأولى عيب هو فقدان كميات كبيرة من الحرارة أثناء انتقالها خلال الجدران المعدنية للحوض والمواد الراسبة بداخله والتي تقف حائلا دون انتقال جزء كبير من الحرارة إلى السائل المراد تسخينه . وتنتج أغلب هذه المواد من ترسيب الكيماويات والمواد العضوية الموجودة فى السائل نتيجة لتسخينه .

وقد أمكن التغلب على هذا العيب باستعمال المسخنات المغمورة كما هو متبع فى الطريقة الثانية . وتتم هذه العملية بخلط الغاز والهواء وحرقهما تحت سطح السائل المطلوب

(ح) التبخير :

تعتبر عملية التبخير من العمليات باهظة التكاليف خصوصاً إذا استعملت في معالجة مخلفات عديمة الفائدة أو لا يمكن إعادة الانتفاع بها واستغلالها . وذلك نظراً لما تتطلبه هذه العملية من طاقة حرارية وأجهزة متعددة ومن أجل هذا صار استعمال هذه الطريقة قاصراً على مخلفات الصناعات التي يمكن استخلاص مواد نافعة منها ومثال ذلك :

١ — مخلفات صناعة لب الورق حيث تستخلص منها المواد الكيميائية بتجهيز السوائل المحتوية عليها .

٢ — مخلفات مصانع البيرة والتقطير حيث ينتج من تبخيرها مواد غذائية للأغنام .

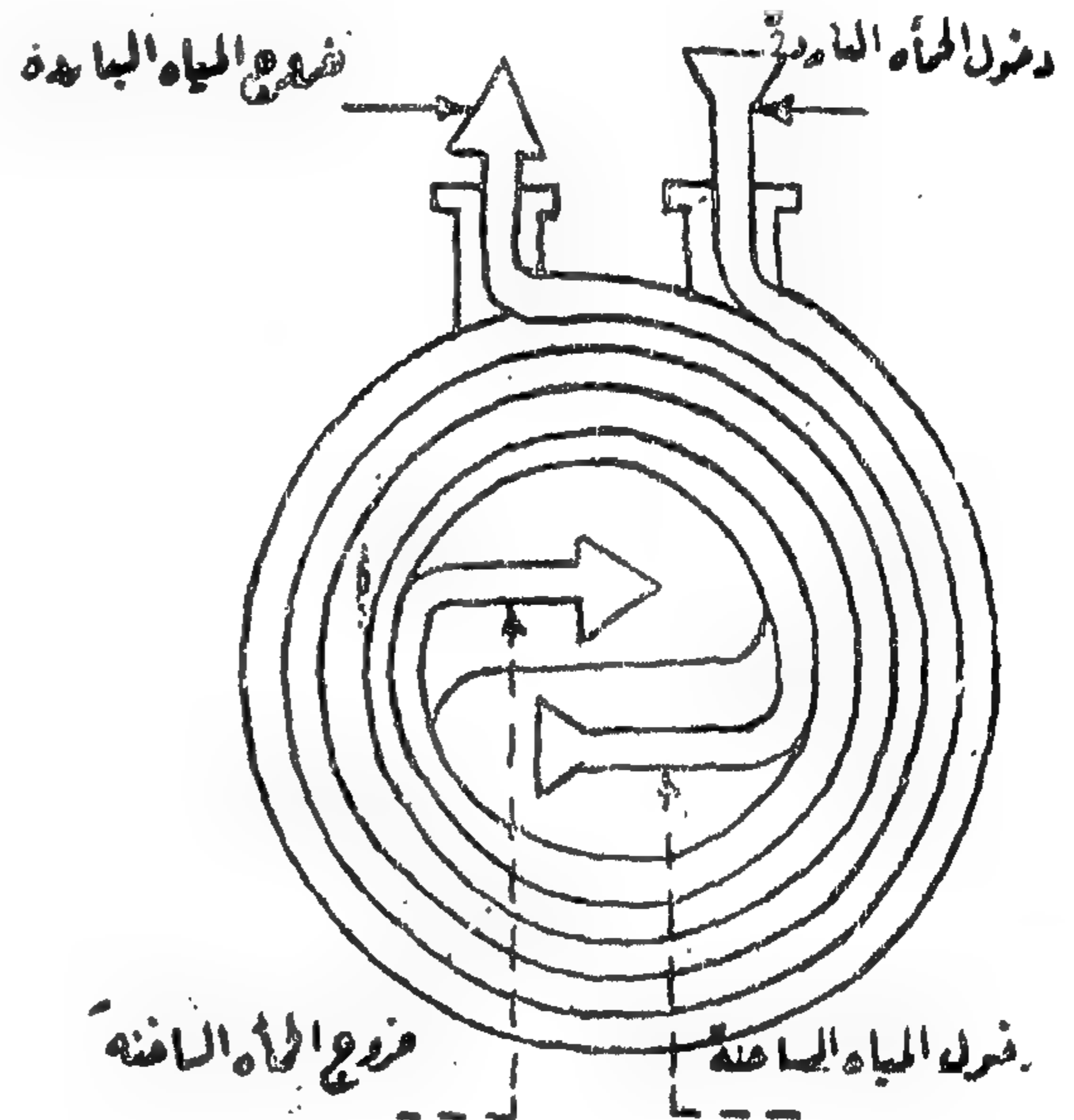
ومن أمثلة المخلفات التي تعالج بالتبخير رغم عدم الانتفاع بالمواد المتبقية بعد عملية التبخير المخلفات المحتوية على عناصر تعطى إشاعات ذرية وتفيد عملية التبخير في هذه الحالة في التخلص من أكمية ممكنة من السوائل أما المواد المتبقية فيصير حرقها أو دفنها .

(د) التجفيف :

المقصود بتجفيف أى مادة صلبة هو تخفيض نسبة المياه بها بالطرق الطبيعية أو الآلية . مثال ذلك ما هو متبع لتجفيف الحمأة المتخلفة من أحواض الترسيب الابتدائية أو من أحواض تخمير الحمأة بقصد استعمالها كسماد . إذ يصير تخفيض نسبة المياه بالحمأة السائلة وذلك بالترشيح خلال مسام الرمل أو بواسطة المرشحات الدوارة . يلي ذلك عملية التجفيف التي تتم في أحواض قليلة العمق تعرف بأحواض تجفيف الحمأة حيث تنعرض الحمأة إلى أشعة الشمس والحرارة الجوية اللتان تعملان على تجفيفها . ومن أمثلة الصناعات التي تعالج مخلفاتها بهذه الطريقة صناعة حفظ اللحوم والصناعات الغذائية الأخرى حيث تستخدم المرشحات الدوارة التي تعمل بالحلخلة الهوائية . وقد سبق شرحها لتحويل الحمأة السائلة إلى قرص حمأة يسهل تجفيفه في مدة وجيزة .

بتبادل محتويات الحوض مع جهاز التسخين في دورة مستمرة .

ومن الأمثلة الحديثة لهذا النوع — ذلك الجهاز المعروف باسم (المبادل الحرارى اللولبي (شكل ٣) ويتركب من أنبوبتين معدنيتين رقيقتي الجدران ملفوفتين حول بعضهما في شكل لولبي بحيث تخصص إحدى هاتين الأنبوبتين لمرور المياه الساخنة بينما تخصص الأخرى لمرور السائل المطلوب تسخينه . وتنتقل الحرارة خلال جدران الأنابيب المعدنية الرقيقة دون حدوث أى اختلاط أو تلاصق بين المياه الساخنة ومحتويات الحوض .



المبادل الحرارى اللولبي

شكل (٣)

(ب) التبريد :

لما كانت هناك عدة صناعات يتخلف عنها سوائيل ساخنة بحيث يتعذر معها إجراء أى عملية للتنقية فقد تبين أنه من الضروري تبريد هذه المخلفات قبل معالجتها ويتم ذلك بتعريض هذه المخلفات على مساحات كبيرة أو في برك قليلة العمق للهواء الجوى .

وتسمى عملية التخلص من الحمضية الزائدة أو القلوية الزائدة باستعمال المواد الكيماوية المضادة بعملية « التعادل » .

تعاول المتخلفات الحمضية :

المتخلفات الحمضية غالبية الحدوث في كثير من الصناعات وخصوصاً الصناعات الكيماوية وصناعة المعادن . وإلى حد ما في الصناعات العضوية والأغذية وترجع خطورة المتخلفات الحمضية إلى قدرتها الفائقة على نحر ما قد يعترضها من مواد الإنشاء كالخرسانة والحديد وخلافه . وقدرتها أيضاً على محو أى أثر للأحياء المائية ، ولذا فإنه من الضروري معادلة هذه المتخلفات الحمضية قبل إلقاءها في أى مجرى مائى أو خلطها بمياه المجارى أو حتى معالجتها في أحواض مستقلة . والمواد الكيماوية التالية تستعمل على نطاق واسع لمعادلة المتخلفات الحمضية .

(أ) قلويات الصوديوم :

وأهمها الصودا الكاوية (ايدروكسيد الصوديوم ص ايد) وكربونات الصوديوم (ص ص ل أم) لما لهما من مميزات على سائر القلويات الأخرى فهي سريعة الذوبان في الماء ومن ثم فإنه من اليسير التحكم الإوتوماتيكي في الجرعات اللازم إضافتها كما أن فاعليتها تكون سريعة مع المتخلفات الحمضية ولسكن نظراً لارتفاع أثمان هذه المواد فإنه يقتصر استعمالها في الوحدات الصغيرة التي تعالج كميات ضئيلة من السوائل الحمضية .

(ب) مشتقات الجير القاعدية :

وأهمها الجير الحى (أكسيد الكالسيوم) والجير المطفئ (هيدروكسيد الكالسيوم ، والمائيزيا أكسيد الماغنسيوم) ولوان هذه الأخيرة ليست من مشتقات الجير إذ أنهما متشابهان كيماوياً . ثم الدولوميت وهو عبارة عن خليط أو مركب من أكسيد أو هيدروكسيد الكالسيوم والماغنسيوم ومما يميز هذه القلويات عن سابقتها (قلويات الصوديوم) إنخفاض أسعارها . ونظراً إلى أنها بطيئة الذوبان في الماء فإن

(هـ) الحرق :

من الطرق الشائعة للتخلص من الحمأة الناتجة من المتخلفات العضوية حرقها بعد تخليصها من أكبر جزء من المياه وذلك بقصد توفير من كمية الوقود اللازمة لعملية الحريق وأمثلة ذلك عديدة فهناك أفران خاصة لحرق متخلفات صناعة لب الورق بعد تبخيرها . ويلتج من هذه العملية طاقة حرارية ومواد كيماوية يمكن استغلالهما في تشغيل عمليات أخرى في نفس الصناعة .

الحمأة المتخلفة من معامل تكرير البترول :

قد تعالج هذه الحمأة لاستخلاص ما يمكن استخلاصه من الزيت . ولسكن في أغلب الأحيان تحرق هذه الحمأة . وفي هذه الحالة تقدر قيمتها الحرارية بحوالى ١٠ آلاف إلى ١٥ ألف وحدة حرارية بريطانية للرطل B.T.U/Pound

التنقية بالطرق الكيماوية :

يدور البحث في هذا الموضوع حول التفاعلات الكيماوية بين المواد المسببة للتلوث والمواد الكيماوية التي تضاف أثناء عملية التنقية . ويتخلف عن هذه التفاعلات إما مواد لا تسبب التلوث وبالتالي فإنها غير ضارة وذلك مثل المحاليل المخففة للأملاح وهى التي تتخلف من عمليات التعادل أو مواد يسهل التخلص منها بالطرق الميكانيكية مثل الرواسب التي يمكن فصلها في أحواض الترسيب .

وفما يلي عرض للعمليات الكيماوية التي استعملت على نطاق واسع في تنقية متخلفات الصناعة .

التحكم في درجة تركيز الأيونات الأبروميني (ق يد)

ترجع أهمية هذه العملية إلى الخطورة التي تكمن وراء إلقاء متخلفات الصناعة الحمضية (ق يد أقل من ٧ وخصوصاً من صفر إلى أربعة) أو القلوية (ق يد أعلى من ٧ وخصوصاً من ٩ إلى ١٤) في المجارى المائية أو مواسير المجارى .

كبريتات الكالسيوم عديمة الذوبان في الماء . وهذه تكون جزءاً من الحماة . أما إذا استعملت قلويات الصوديوم فإنها تكون كبريتات الصوديوم سريعة الذوبان في الماء ولذا فإنها تبقى ذائبة في المحلول .

تفاعل المخلفات القلوية :

المخلفات القلوية غالباً الحدوث في كثير من الصناعات الكيماوية وفي صناعات لب الورق والذسيج والجلود ومعامل تكرير البترول .

ولا تقل المخلفات القلوية خطورة عن المخلفات الحمضية إذا ما أقيمت بكميات كبيرة في المجارى المائية أو مواسير المجارى .

وكما ذكر من قبل فإنه إذا أمكن معادلة هذه المخلفات بخلطها مع مخلفات حمضية في أحواض تعادل يكون هذا هو الحل الإقتصادي السليم وإذا لم يتيسر هذا فإن المواد البنية بعد تستعمل لهذا الغرض :

(أ) الأحماض القوية :

وأرخصها حامض الكبريتيك وهو يستعمل لخفض درجة التركيز الأيوني إلى حوالى ٧ في مدة وجيزة .

(ب) الأحماض الضعيفة :

تستعمل الأحماض الضعيفة إذا لم تكن سرعة التفاعل أمر هام أو لم تكن درجة التركيز الأيوني أقل من ٨ وأرخص طريقة هي بإضافة فقائيع غاز ثنائي أكسيد الكربون إلى السائل القلوى فيتحول الغاز إلى حامض الكربونيك وتتطلب هذه العملية منفاخ خاص لدفع الغاز داخل السائل بصفة مستمرة . وتتبع هذه الطريقة في معالجة المخلفات القلوية للمدابع حيث تستخدم هذه الصناعة كميات كبيرة من الجير في عملية إعداد الجلود . ويستخدم غاز ثنائي أكسيد الكربون لمعادلة الجير وخفض درجة التركيز الأيوني ويتخلف عن عملية التعادل رواسب من كربونات

استعمالها يتطلب التقلب لمدة طويلة لضمان إتمام التفاعل على الوجه الأكمل .

والمواد المتخلفة من هذا التفاعل عديمة الذوبان في الماء ولذا فإن الرواسب المتكونة يصير التخلص منها بالترسيب أو الترشيح . وتقوم هذه الرواسب بعمل الكيماويات المروبة إذ تجذب إليها المواد العضوية والغروية العالقة بالمياه فيسهل ترسيبها .

(ح) الحجر الجيري :

وهو عبارة عن كربونات الكالسيوم ويكون عادة مخلوطاً بكربونات الماغنسيوم وله نفس خواص مشتقات الجير القاعدية سالفة الذكر . ويستعمل الحجر الجيري لمعادلة المخلفات المحتوية على أحماض حرة إذ يرفع درجة تركيز الأيون الأيدروجيني لها إلى ٤ أو ٥ ويتسبب عن ذلك كميات هائلة من غاز ثنائي أكسيد الكربون . وتفيد التهوية في التخلص من ثنائي أكسيد الكربون الدائب وبذا ترتفع درجة التركيز الأيوني إلى حوالى ٦ .

(د) قلويات أخرى :

إنه لمن دواعى الإقتصاد استغلال المخلفات القلوية لمعالجة المخلفات الحمضية ، وذلك بمجرد خلطهما . وبذلك نكون قد تخلفنا من مشكلتي الحمضية والقلوية في وقت واحد .

وأمثلة ذلك عديدة فالحماة المتخلفة من عملية تيسير الماء تكون قلوية وحمأة الاستيلين تكون قلوية . وكذلك كربونات الكالسيوم الراسبة .

وتتم عملية خلط المخلفات الحمضية والقلوية في أحواض خاصة تسمى أحواض التعادل . مثال ذلك ما هو متبع في معالجة مخلفات الصباغة والتبييض .

ونتوقف كمية الرواسب المتكونة من عملية التعادل على مدى قابلية المواد الناتجة من التفاعل للذوبان . فمثلاً تستعمل قلويات الكالسيوم لمعادلة حامض الكبريتيك مكونة

الكالسيوم ويتم هذا التفاعل طبقاً للمعادلة الآتية :

المعالجة بالكلور :

$$r_1 a + r_2 b = r_1 e + r_2 (a_1) b$$

۲ — اللہ کبریا والا غفرال .

الصور الخفية للظهور

(١) الكور السائل :

أما عملية الإختزال (أخذ أكسجين أو إعطاء إيدروجين) فهي عكس عملية الأكسدة . ولها استعمالات قليلة في عمليات التنقية .

(ب) الہیوکلوریت :

المواد المؤكسدة والمحترقة .

(ح) غاز ثانی اُکسید الیکالور (کل اُم):

من أهم المواد المؤكسدة شائعة الإستعمال الأكسجين
الجوى إذ يمثل العامل المؤكسد فى عمليات حرق الخشب
العضوية ويستعمل أكسجين الجوى أو الذائب فى الماء
فى أكسدة أملاح الحديدوز إلى مركبات الحديدك . ومن
العوامل المؤكسدة الأخرى الكلور والمسحوق البيض
وما يتبعه من مشتقات الكلور والأوزون والبرمنجنات
والكرومات والنترات .

ويمكن إحداث تفاعلات الأكسدة والإختزال كهربائياً
باستعمال ألواح معدنية (مصعد ومهبط) كما هو متبع في
صناعة الطلاء بالكهرباء .

التفاعلات الكيميائية للكلور .

إذا أضيف غاز الكلور إلى الماء فإنه يكون نوعين من الحامض . حامض الهيبوكلوريت وحامض الهيدروكلوريك وذلك طبقاً للمعادلة الآتية .

أما المواد المختزلة فهي نادرة الإستعمال في معالجة
متخلفات الصناعة ويكاد يكون استعمالها قاصراً على اختزال
الكرومات المتخلفة من عملية الطلاء بالمعادن . ويستعمل

كل_م + يد_أ ← يد_أ كل + يد_{كل}

مدة التفاعل :

من المعروف أن المدة اللازمة لإتمام فاعلية الكلور في التعقيم هي حوالى ١٥ دقيقة لمياه المجارى العادية إلا أن المعالجة بالكلور لمخلفات الصناعة قد لا يكون الغرض الأساسى منها هو التعقيم فقط ولهذا فإنه ليس هناك مدة قياسية كما هو الحال في مياه المجارى العادية . ولكن أمر تحديد المدة اللازمة يتوقف على الغرض الذى من أجله أضيف الكلور .

استعمال الكلور للتنقية الجزيئية :

(أ) للتنقية الابتدائية : قد يضاف الكلور إلى مياه المجارى أو مخلفات الصناعة قبل دخولها إلى محطة التنقية وذلك بقصد منح التحلل والتعفن فى أحواض الترسيب وما يسبقها . كما تبين أن إضافة الكلور يساعد على تجميع وتجاذب المواد العالقة والبكتريا وبالتالي سرعة وسهولة التخلص منها . بالترسيب ولا يخفى ما للكلور من فوائد أخرى فى منح الروائح الكريهة التى يرجع سببها إلى تولد غاز كبريتيد الايدروجين إذ يتفاعل الكلور مع هذا الغاز كما سبق شرحه ويمنع تولده .

(ب) للتنقية النهائية : قد يضاف الكلور أيضاً إلى المياه بعد خروجها من محطة التنقية وذلك لتعقيمها وخفض كمية الأكسجين الحيوى المحتص إلى الدرجة التى تسمح بإلقائها فى المصبات المائية أو المجارى .

تطبيقات عامة :

١ — المخلفات المحتوية على السيانيذ : يضاف الكلور إلى مثل هذه المخلفات لتحويل السيانيذ إلى سبانات . وهذه الأخيرة أقل خطورة بنسبة ١ — ١٠٠٠ من السيانيذ وذلك فيما يختص بدرجة التسمم . وهناك شرط هام لضمان نجاح إجراء هذا التفاعل بالصورة سالفة الذكر ذلك هو الحصول على وسط قلوى إذا أسفرت التجارب التى أجريبت فى وسط

ويسبب الحامض الأول تكوين أيونات الهيبوكلوريت (أ كل -) وهى العامل الفعال فى جميع تفاعلات الكلور .

ولدرجة التركيز الايونى (ق يد) دور هام فى هذا التفاعل فإذا كانت (ق يد) أقل من ٢ — يلاحظ وجود الكلور الذائب (كل_م) .

وإذا كانت (ق يد) من ٣ إلى ٦ يلاحظ وجود حامض الهيبوكلوريت .

وإذا كانت (ق يد) ٧.٥ إلى ٩.٥ — يلاحظ وجود أيونات الهيبوكلوريت .

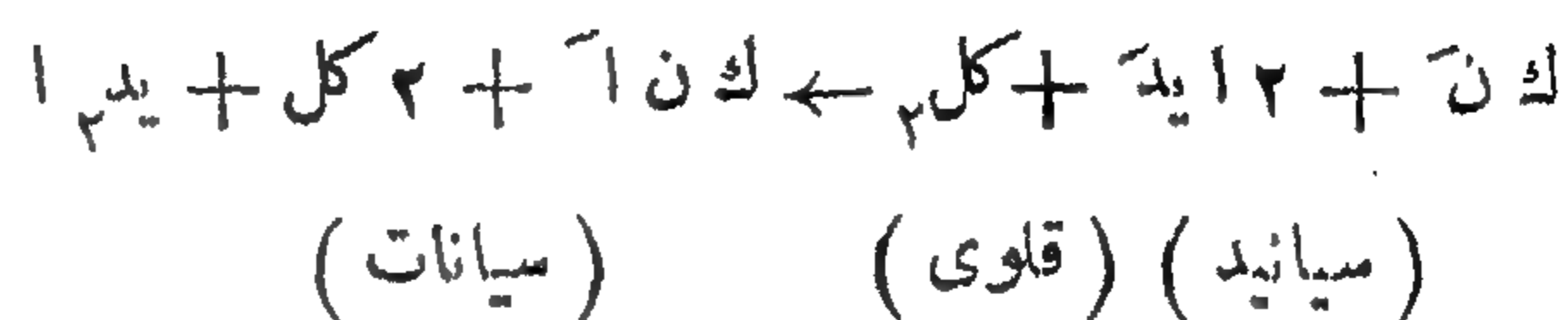
وإذا كانت (ق يد) أكثر من ٩.٥ يكون العامل السائد والفعال هو أيونات الهيبوكلوريت فقط (أ كل -) ويلاحظ أن إضافة الكلور إلى مياه المجارى أو أى مخلفات أخرى يتسبب عنه خفض درجة القلوية أو بمعنى آخر خفض درجة تركيز الإيون الأيدروجينى (ق يد) نظراً لتكوين الأحماض سالفة الذكر . ولتفسير ذلك فإن جزء واحد فى المليون من الكلور يعادل على الأقل ٧.٥ جزء فى المليون من درجة القلوية (كربونات كالسيوم كاله أم) .

وتؤكد أيونات الهيبوكلوريت المواد المختزلة ويتخلف عن ذلك أيونات الطوريد (كل⁻) مثال ذلك أكسدة كبريتيد الايدروجين إلى كبريت وفى نفس الوقت الهيبوكلوريت إلى كلوريد — طبقاً للمعادلة الآتية :

اكل_ك + يد_ك ← يد_ك كل + يد_أ

ويتفاعل محلول الكلور مع النشادر أو المركبات العضوية للنيتروجين كالبروتينات والأحماض الأمينية مكوناً الكلورامين (ن يد_ك كل ، ن يد_ك كل_م) أو مشتقاته العضوية .

حمضى عن تكوين غاز كلوريد السيانوزين السام (ك ن كل) بكميات كبيرة ، ولذا فإنه يتحتم وجود مادة قلوية من شأنها رفع درجة تركيز الأيون الأيدروجين إلى أكثر من ٨.٥ وتحت هذه الشروط يتم التفاعل طبقاً للمعادلة .



وتقدر القرعة اللازمة من الكلور لأكسدة السيانييد بحوالى ٣ أرطال كلور لكل رطل سيانييد وذلك ما لم تحتوى المتخلفات على مواد أخرى تستهلك الكلور إذ يلزم فى هذه الحالة تحديد كمية ونوع هذه المواد وبالتالى زيادة جرعة الكلور بالقدر الذى تتطلبه هذه المواد .

مثال ذلك : تبين أن إضافة الكلور إلى متخلفات النسيانيد التي لم يسبق معالجتها في أحواض الترسيب يتطلب ثلاثة أضعاف كمية الكلور سالفة الذكر ولذا فإنه من دواعي الاقتصاد إزالة المواد العالقة قبل إضافة الكلور .

٢ — المتخلفات المحتوية على فينول .

تعالج هذه المتخلفات بالأكسدة بالكور أو أى مادة مؤكسدة أخرى كثنى أكسيد الكلور أو الأوزون أو البرمنجنات . وإذا استعمل الكلور فإنه يتحتم وجود كميات وفيرة منه طول الوقت وذلك لمنع تكوين الكلور فيول وخروجه مع المياه النقاة . وقد يضاف الجير قبل الكلور لرفع درجة التركيز الأيونى النهائى إلى ٧ أو ١٠ لضمان أكسدة الفينول على أسم وجهه . وكما هو الحال فى مركبات السيانيد فإن ترسيب متخلفات الفينول قبل إضافة الكلور إليها يوفر فى الجرعة اللازم إضافتها من الكلور توفيراً هائلاً قد يصل إلى ٧٥ ٪ .

٣ - متخلفات مصانع النسيج :

للكلور عدة استعمالات في مثل هذه المتخلفات فهو قاصر الألوان ومساعد الترويب وتجميع المواد العالقة كما يستعمل لمعالجة متخلفات الصبغة لما له من قدرة على التبييض

ولعل متخلفات كشط اللزوف من أكثر مواد الصناعة
تلوثاً لاحتوائها على نسبة عالية من شحم الصوف الذى يمكن
فصله وإعادة استعماله . وقد ثبت بالتجربة أن إضافة الكالور
يخفض معدل الأكسجين الحيوى المحتص إلى ٨٠ أو ٩٠ ٪
والمواد العالقة والشحوم إلى ٩٥ ٪ وقد أمكن الإنتفاع
بحوالى ٧٠ ٪ من كمية الشحوم الراسبة وذلك بصورة
مرضية وبطريقة تجعلها صالحة للبيع .

وتقدر كمية الهيبوكلوريت اللازمة بحوالي ٣٠ إلى ٤٠ رطلا من الكلورين الفعال لكل ١٠٠٠ جالون من المياه الملوثة ويمكن القول بأن هذه العملية مرتفعة التكاليف إلا أن المواد التي يمكن فصلها وإعادة الإنتفاع بها كثيراً ما تغطي جزءاً من هذه التكاليف .

٤ - مختلفات مصانع الورق :

إن الغرض الأساسي من استعمال الكلور في معالجة هذه المتخلفات هو منع تكون الوحل في المياه البيضاء المعادة التي تبين إستحالة استعمالها بدون إضافة الكلور . ويلزم في هذه الحالة الإحتفاظ بنسبة كلور متبقى تتراوح بين ٠.٢ ، واحد جزء في المليون وذلك لضمان إيقاف أى نمو عضوى في هذه المياه وبالتالي إمكان استعمالها والتوفير في الإستهلاك الكلوي للمياه .

٥ — مخلفات المراجع :

نادرًا ما يضاف الكلور إلى متخلّفات المدايق لاحتياجها إلى كميات كبيرة منه نظرًا لإحتوائها على نسبة عالية من المواد العضوية ولكنه قد يضاف إلى هذه المتخلّفات بعد معالجتها بوسائل قليلة التكاليف وتخليصها من جزء كبير من المواد العضوية الملوثة . وعندئذ تنخفض النسبة المطلوب إضافتها من الكلور .

الأُكسفة بالتحميل الكهرمائي :

(سریان تیار کمر بائی خلال المحلول بین لوحی المصعد

انتزاع الأكسجين من مادة النترات الذائبة . وبالتالي إمكان أكسدة المواد العضوية وإيقاف التعفن والروائح الكريهة سواء من مياه المجارى أو من المياه المتخلفة من مصانع لب الورق وحفظ الأغذية ومن بعض الصناعات الأخرى .

٢ — البرمنجنات والديكرومات :

تعتبر هذه المواد من أقوى العوامل المؤكسدة للمواد العضوية أو ما يمثلها كالسيانيد . وهى باهظة التكاليف وسامة إذا استعملت بكميات كبيرة .

٣ — فوق أكسيد الايدروجين H_2O_2 وحامض النيتريك ، ويستعملان لأكسدة مخلفات بعض الصناعات وقد اقتصر استعمالها على بعض حالات قليلة نظراً لارتفاع تكاليفها .

الاختزال

قد تستعمل نظرية الاختزال فى معالجة مخلفات بعض الصناعات وأهمها الكروم المتخلف من الصناعات المعدنية والطلاء الذى يلزم التخلص منه قبل إلقائه فى المصبات المائية أو مواسير المجارى حيث أنه من أخطر المواد السامة .

وتتلخص طريقة معالجته باختزاله من كروم سام سباعى التكافؤ إلى كروم غير سام ثلاثى التكافؤ Cr^{+++} ثم ترسيبه بمادة قلوية .

والمواد المختزلة شائعة الاستعمال هى كبريتات الحديدوز وثانى أكسيد الكبريت والكبريتيت والزنك المعدنى ويتم اختزال الكرومات فى محلول حمضى تتراوح درجة (ق يد) له بين ٢ ، ٢.٥ بإضافة ثانى أكسيد الكبريت أو أى مادة مختزلة أخرى حتى يتم اختزال جميع الكرومات نهائياً . ثم ترسيب الكروم ثلاثى التكافؤ بإضافة الجير أو الصودا الكاوية إلى أن تبلغ درجة (ق يد) ٧.٥ — ٨.٥ . ويحتاج كل رطل من الكروم إلى ٣ رطل من ثانى أكسيد الكبريت .

والمهبط) يغلب استعمال هذه الطريقة فى معالجة المخلفات على مادة السيانيد من مصانع الطلاء بالكهرباء أو خلافها وذلك بتجفيف تركيز هذه المادة إلى الدرجة المسموح بها والتي تجعلها قابلة لعمليات التنقية الأخرى دون إفسادها كما أنه أمكن فى بعض الحالات جمع السيانيد المترسب على ألواح المصعد وإعادة استخدامه صناعياً . ومن العوامل التى تساعد على سرعة أكسدة السيانيد بهذه الطريقة إرتفاع درجة الحرارة وشدة التيار الكهربائى وإنخفاض قوة تركيز الأيون الإيدروجنى .

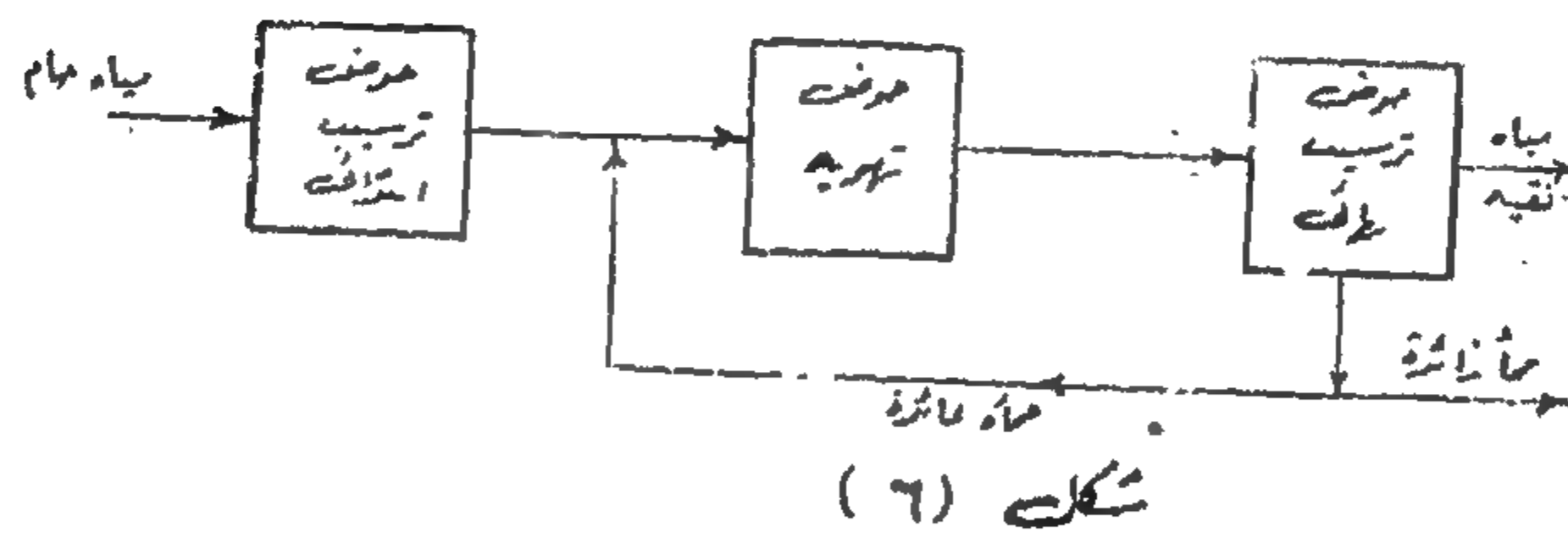
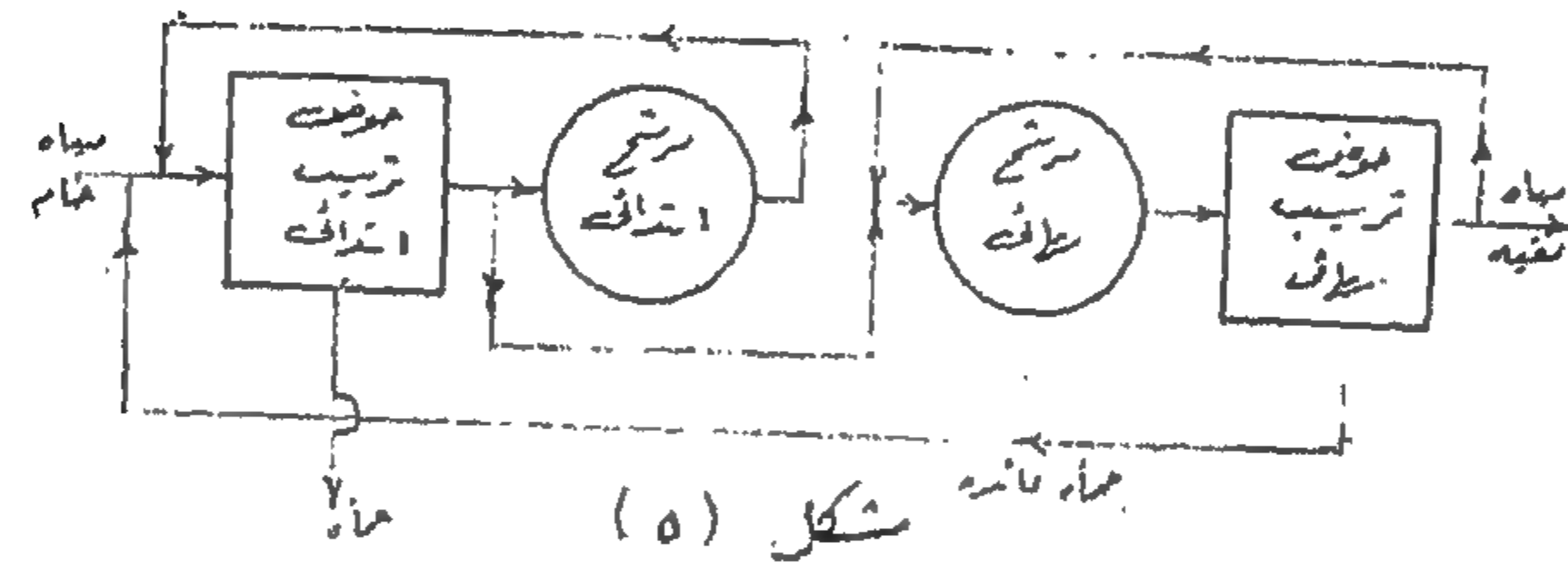
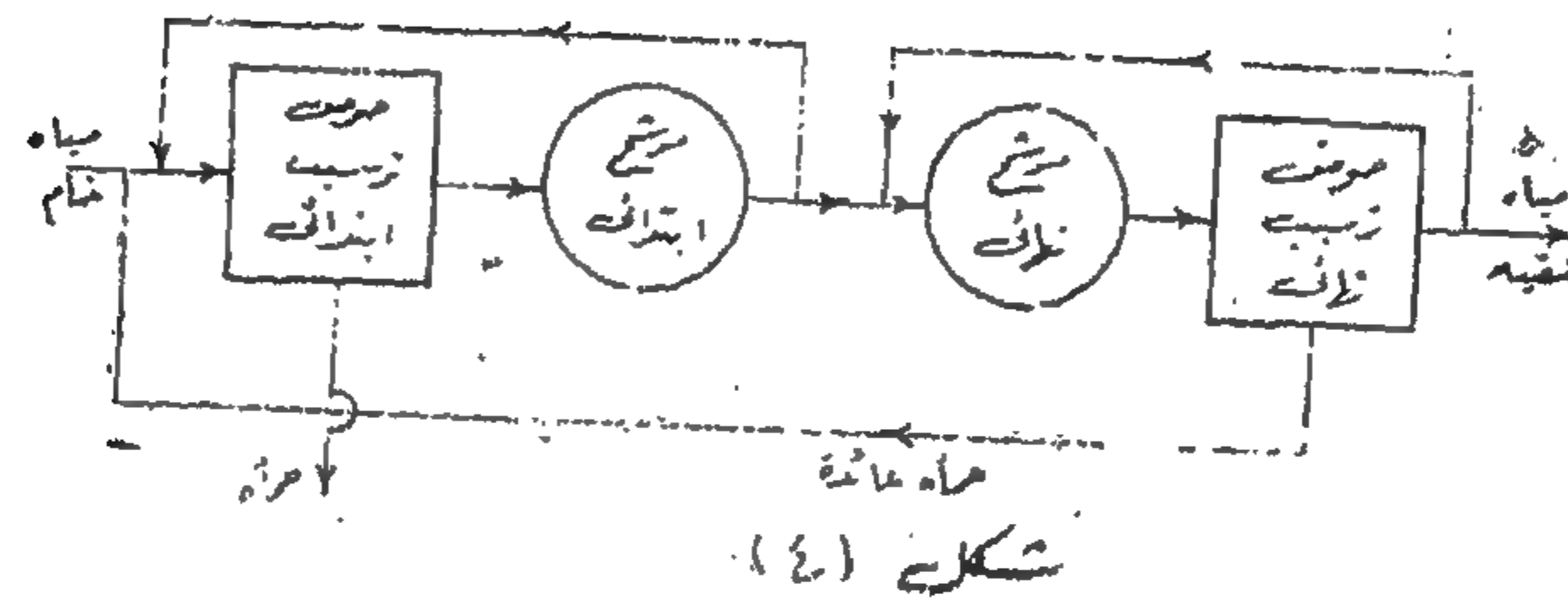
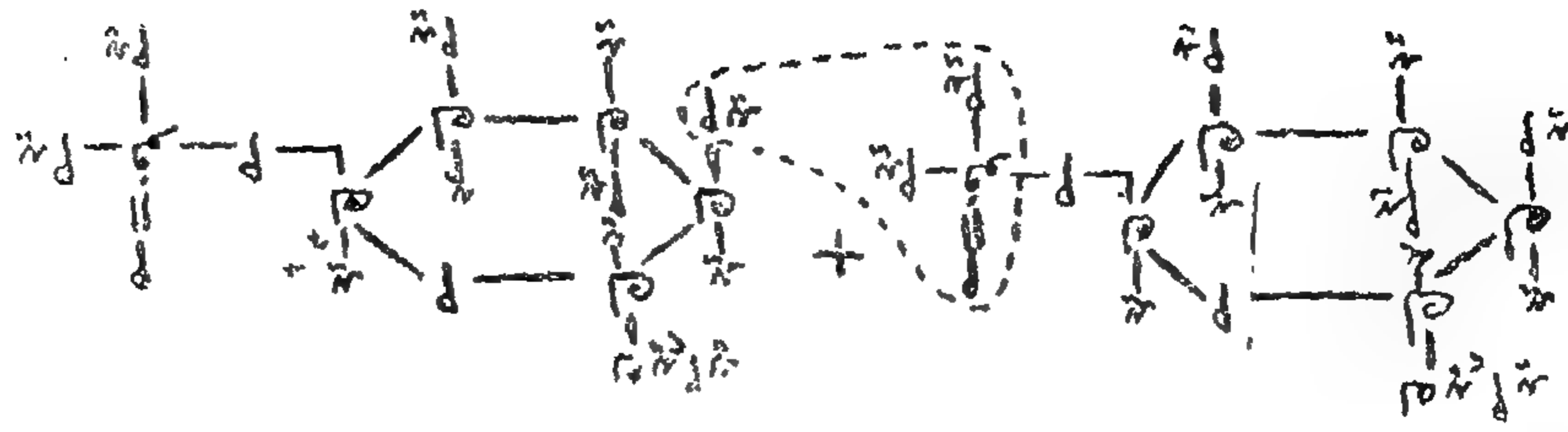
فى إحدى التجارب بلغ فرق الجهد الكهربائى ٦ فولت وتراوحت شدة التيار الكهربائى بين ٢٨٠٠ إلى ١٠٠٠ أمبير وبلغت مساحة الأقطاب المعدنية ٧٢ قدماً مربعاً . وتراوحت درجة الحرارة بين ١٥٥ و ١٩٥ درجة فهرنهايت . وقد أسفرت نتيجة هذه التجربة عن تخفيض تركيز السيانيد الموجودة فى ٧٠٠ جالون من محلول يحتوى عليه . ومن ١٨٠٠٠ جزء فى المليون إلى أقل من ١٠ جزء فى المليون فى مدة ٣٥ ساعة .

كما أمكن تخفيض تركيز اللعاس من ١٦٠٠٠ جزء فى المليون إلى صفر بترسيبه على لوح المصعد فى صورة يمكن جمعها وإعادة استخدامه بعد تنظيفه

ومن مزايا هذه الطريقة أنه لا يتخلف عنها أى حمأة أو رواسب يصعب التخلص منها وإمكان الانتفاع بالمعادن المرسبة .

مواد أخرى مؤكسدة :

١ — نترات الصوديوم (ص ن ام) كثيراً ما تضاف نترات الصوديوم إلى مياه الأنهار والمستنقعات التى تنخفض فيها نسبة الأكسجين الذائب نتيجة تلويثها بالمواد العضوية أو خلافه وتعمل النترات على إمداد البكتريا الهوائية بالأكسجين اللازم لها حيث ثبت أن للبكتريا قدرة فائقة على



وقد تبين أن التريب الكيماوى هو أرخص الطرق للتخلص من هذه المواد إذا قورن بالمرشحات أو أحواض تنشيط الحمأة .

وتبدأ العملية بتلاصق المواد العالقة بالأسطح اللزجة سالقة الذكر ، ثم لا تلبث أن تتكتل فى أحجام كبيرة وثقيلة يسهل ترسيبها آخذة معها ما قد يصادفها من مواد عالقة أخرى .

٣ - الترويب والتفاعلات الكيماوية :

(١) الترويب :

الترويب هو إضافة مواد كيمياوية إلى المياه بغرض تكوين رواسب تتحول إلى نواة لها سطح هلاعى لزج تتجمع حولها المواد العالقة الدقيقة التى تحتاج إلى مدة طويلة لترسيبها وكذا المواد الغروية التى لا يمكن فصلها بالترويب .

إنتاج المواسير الحديدية وغير الحديدية بدون لحام

دكتور مهندس بطرس مينا بطرس

بحث شامل لنظريات التشكيل ومدى تطابقها مع النتائج العملية . دراسة التغيرات وتأثيراتها على معدن المواسير . مواد التزيت الأكاديمية والتجارية وعلاقتها بالاحتكاك الحادث بين جدران المواسير واسطوانات السحب .

— ٢ —

عمليات السحب :

بفرض $\mu = \alpha$ في المعادلة (١١) نجد أن

$$\text{ضط} \cdot \text{ك} \cdot (1 + \mu) = \frac{1}{\mu} (\text{ض} \cdot \text{و} \cdot \text{ك} \cdot \text{و})$$

ومن علاقة الجهد بالإجهاد للسحب

$$\text{ض} \cdot \text{و} - \text{ضط} = \text{ت} \cdot \text{و} = \text{ت} \cdot \text{و} \cdot \text{و} + \text{و} \cdot \text{و}$$

مما سبق يمكن الوصول إلى أن

$$(12) \quad \frac{1}{\mu} = \frac{\text{و} \cdot \text{و}}{\text{و} \cdot \text{و} \cdot \text{و} - \text{و} \cdot \text{و} \cdot \text{و} - (1 - (1 + \mu)) \cdot \text{و} \cdot \text{و} - \text{و} \cdot \text{و} \cdot \text{و}}$$

$$\frac{\text{و} \cdot \text{و}}{\text{و} \cdot \text{و}} = \frac{\text{و} \cdot \text{و} + \text{و} \cdot \text{و}}{\text{و} \cdot \text{و} - \text{و} \cdot \text{و}} = \frac{\text{و} \cdot \text{و} - \text{و} \cdot \text{و}}{\text{و} \cdot \text{و} - \text{و} \cdot \text{و}}$$

ولكن $t = 0$ صفر $+$ و 0 صفر \cdot

$$(13) \quad \frac{\frac{0}{0} \cdot \frac{0}{0}}{\frac{0}{0} \cdot \frac{0}{0}} = \frac{0}{0} \quad \therefore$$

من (12) و (13) مع فرض أن $\frac{0}{0} = \frac{0}{0}$

$$\frac{(2 - s)(s - 1) \cdot 0}{(2 - s)(s - 1) \cdot 0} = \frac{0}{0} \quad \therefore$$

بفرض وجود الاحتكاك مع عدم حدوث زيادة للصلادة :

$$\frac{(2 - s)(s - 1) \cdot 0}{(2 - s)(s - 1) \cdot 0} = \frac{0}{0}$$

بفرض أن $2 - (s + 1) = 1$

$$2 - (s + 1) = 1$$

$$(s + 1) = 1$$

بالتعويض والتكامل :

$$\therefore \frac{1}{2} \left[\frac{0}{0} + \frac{0}{0} + \frac{0}{0} \right] = \frac{0}{0}$$

$$\frac{1}{2} \left[\frac{0}{0} + \frac{0}{0} + \frac{0}{0} \right] = \frac{0}{0}$$

بفرض $2 - (s + 1) = 1$

وبالاختصار يمكن الوصول إلى

$$(14) \quad \frac{0}{0} \cdot \frac{0}{0} = \frac{0}{0}$$

حيث :

$$\varphi = \frac{س \sqrt{١٢ + ١٢} - م^2}{س(م^3 + ٢) - (٤ + م^4)}$$

وبوضع و = صفر في المعادلة (١٣) نجد أن :

$$\frac{ل}{ل} = \frac{و}{و} \cdot \frac{٢ - س}{س - ٢}$$

وقيمة $\frac{و}{و}$ في هذه الحالة يساوى

$$\frac{و}{و} = \frac{(س - ٢) \cdot س}{س^2 - (س^3 + ٢)س + (١ + م)^2}$$

وبالتعويض ثم إجراء التكامل ينتج أن

$$\varphi \cdot \frac{ل}{ل} = \frac{١}{م + ٢} \cdot \frac{و}{و} \cdot \frac{(١ + م)^2}{م + ٢} - \frac{ص}{ص} \cdot \frac{١}{م + ٢} \cdot \frac{و}{و} \cdot \frac{١}{م + ٢}$$

$$(١٥) \quad \frac{١}{م + ٢} \cdot \frac{و}{و} \cdot \frac{(١ + م)^2}{م + ٢} - \frac{ص}{ص} \cdot \frac{١}{م + ٢} \cdot \frac{و}{و} \cdot \frac{١}{م + ٢}$$

ومن المعادلة

$$\frac{و}{و} = \frac{ل}{ل} + \frac{ل}{ل} + \frac{و}{و}$$

وبالتعويض والاختصار ثم التكامل يمكن الوصول إلى أن

$$(١٦) \quad \frac{ل}{ل} = \frac{١}{(م + ٢)^2} \cdot \frac{و}{و} \cdot \frac{١}{م + ٢} + \frac{ص}{ص} \cdot \frac{١}{م + ٢} \cdot \frac{و}{و} \cdot \frac{١}{م + ٢}$$

بفرصة زيادة الصلابة مع عدم وجود الامتلاك :

$$\frac{و}{و} = \frac{(س - ٢) \cdot (س - ١) \cdot (س - ١)}{س^2 - (س^3 + ٢)س + (١ + م)^2}$$

وبالتحليل والتكامل يمكن الوصول إلى أن

$$(١٧) \quad \psi \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot \epsilon (1 - 2\omega)}{(1 - \omega + \omega^2)^2} = \frac{\psi}{\psi \text{ صفر}}$$

$$\text{حيث } \epsilon = \psi (1 - (1 - 2\omega + \omega^2)^2) + \psi (1 - 2\omega + \omega^2) - 1$$

$$\psi = \frac{\sqrt{3} \psi}{(1 - 2\omega + \omega^2)^2}$$

ولما كانت

$$\frac{\epsilon}{\psi} = \frac{\psi (1 - 2\omega + \omega^2) - \psi (1 - 2\omega + \omega^2)^2}{\psi (1 - 2\omega + \omega^2) - \psi (1 - 2\omega + \omega^2)^2}$$

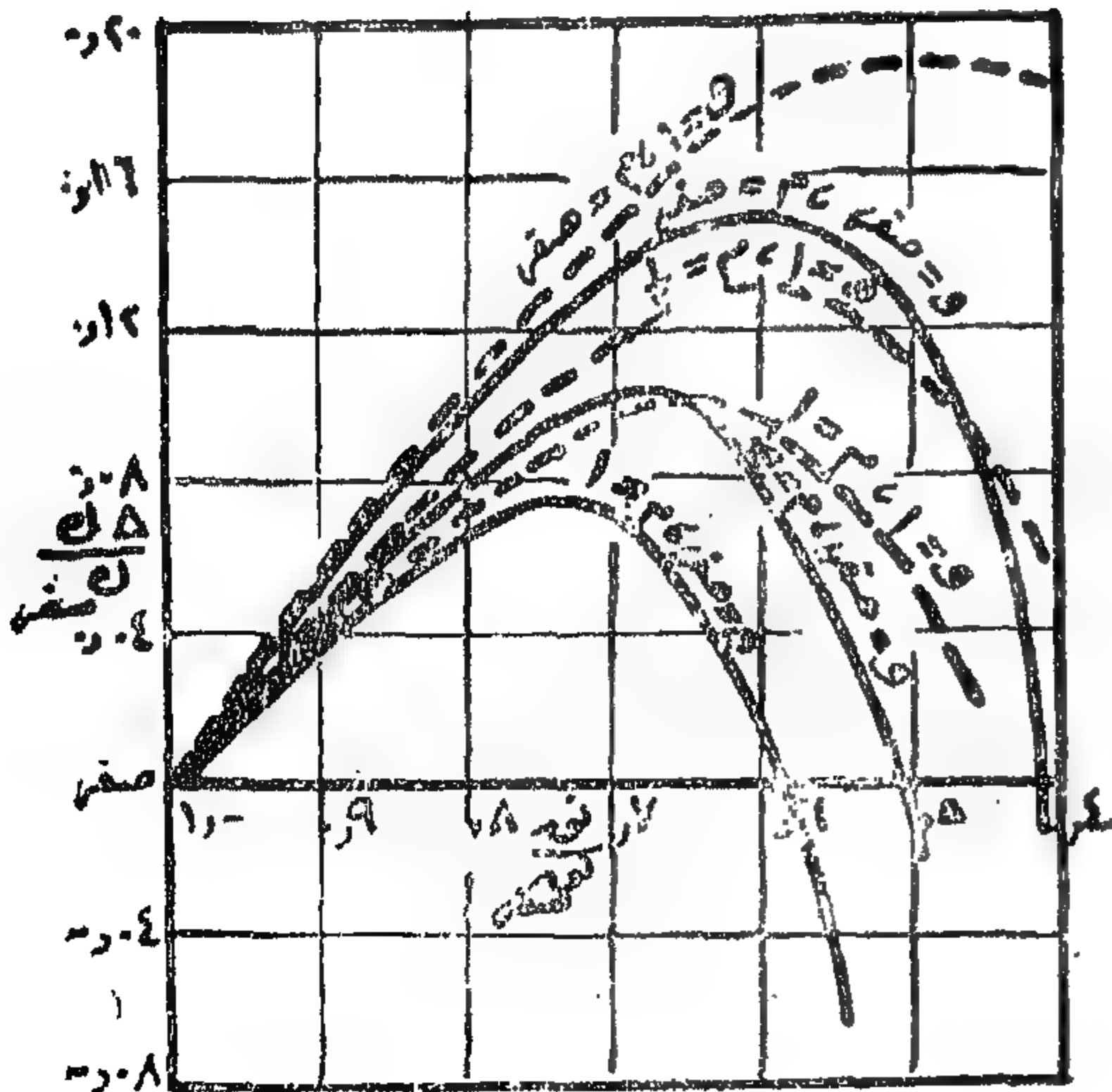
بالتعويض والتكامل يمكن الوصول إلى أن

$$(١٨) \quad \psi \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot \omega}{(1 - \omega + \omega^2)^2} + \frac{\epsilon (1 - 2\omega)}{(1 - \omega + \omega^2)^4} = \frac{\epsilon}{\epsilon \text{ صفر}}$$

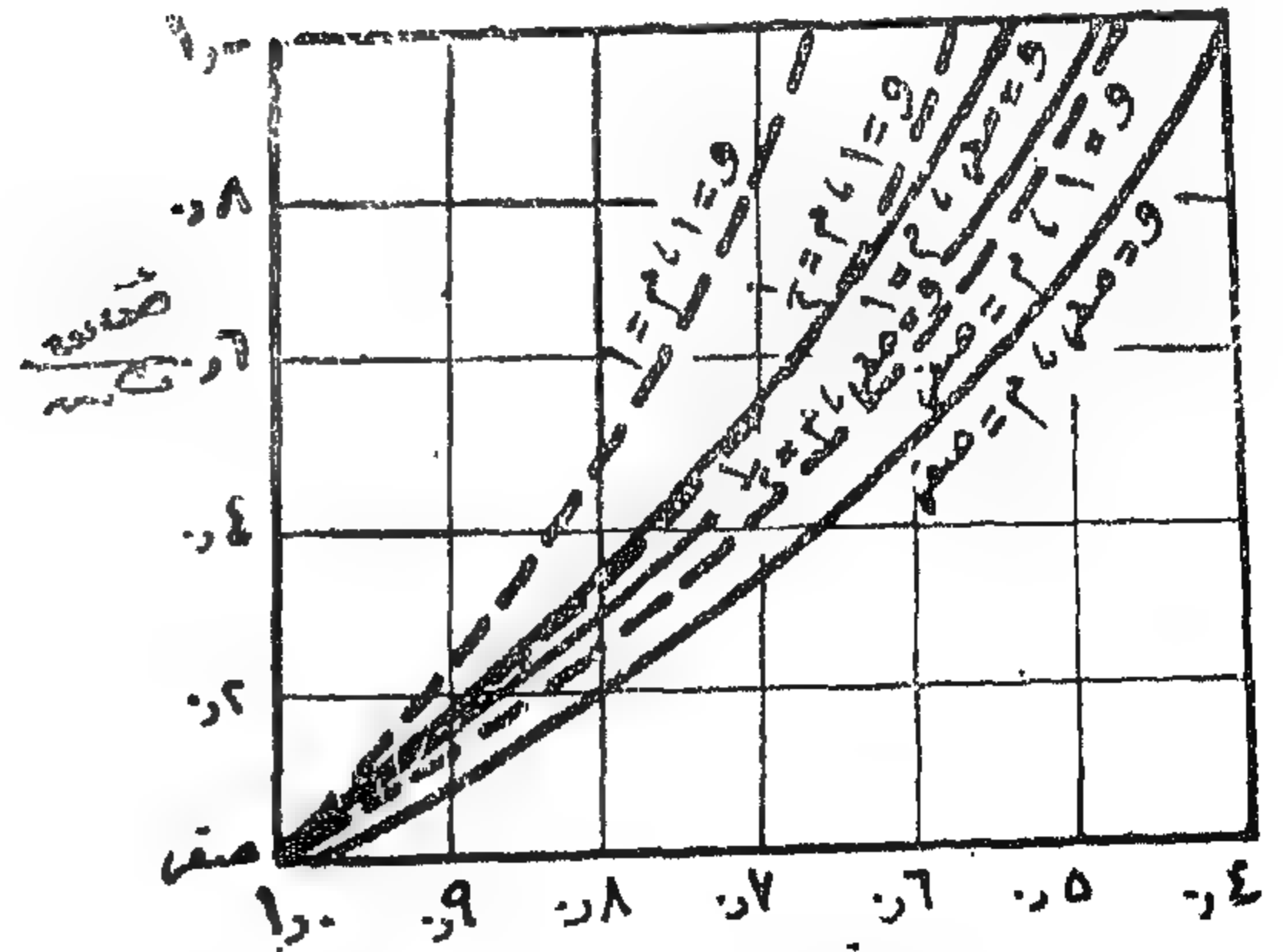
حيث :

$$\epsilon = \psi (1 - (1 - 2\omega + \omega^2)^2) + \psi (1 - 2\omega + \omega^2) - 1$$

$$\psi = \frac{\sqrt{3} \psi}{(1 - 2\omega + \omega^2)^4}$$



شكل (٧)



شكل (٦)

ومن المعادلة
$$صفر = \frac{د}{ل} + \frac{س}{ل} + \frac{س}{ل}$$

وبالتعويض والتكامل يمكن الوصول إلى . أن

$$(19) \quad \psi \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot (u-1)}{(u^2+u-1)^2} + \frac{e \cdot (u+1)}{(u^2+u-1)^2} = \frac{1}{\text{لصفير}} \text{ لو}$$

وتبين أشكال (٦) ، (٧) توزيع الجهود والإجهاد في عمليات السحب تبعاً للمعادلات السابقة وتقيم مختلفة لكل من م ، و وهي التي تحدد الاحتكاك ودرجة الصلادة .

عمليات الضغط :

من المعادلة (١١) ضغط ل. (١ + م) = $\frac{s}{\mu_s}$ (ض. ل. ع. ق)

وفي حالة الضغط تعطى نظرية الانسياب اللدن

ضبط = تـ

وأيضاً وكما سبق القول

$$ت = ت_{صفر} + (ضی - ضی_{صفر})$$

حيث $ض$ صفر هي قيمة $ض$ عند مدخل الاضطربة

مما سبق وبالتعويض يمكن الوصول إلى أن

$$(۲۰) \frac{و - (ض ی (ع . ل) . ا)}{(م + ۱) (ت ش صفر - و ض ی صفر) + (و + ۱) (م + ۱) ض ی} = \frac{و ی}{ی و}$$

$$\frac{\text{ضرب} - \text{تقسیم}}{\text{ضرب} + ۲ \text{ تقسیم}} = \frac{\frac{\text{ضرب}}{\text{تقسیم}}}{\frac{\text{ضرب}}{\text{تقسیم}}}$$

$$(۲۱) \quad \frac{۱۰۰ \text{ ض } (۱ - ۰) - (۲ \text{ تش صفر} - ۰ \text{ ض } ۱۰۰ \text{ صفر})}{۱۰۰ \text{ ض } (۱ + ۲۰) + (۲ \text{ تش صفر} - ۰ \text{ ض } ۱۰۰ \text{ صفر})} = \frac{۱۰۰}{۱۰۰} \therefore$$

ومن المعادلة (٢٠) وبالاختصار يمكن الوصول إلى أن

$$\frac{2 + \frac{(1 + 2i)}{3}}{\frac{2}{3}}$$

حیث : $\frac{\text{ضی}}{\text{تاسہ صفر} - \text{و . ضی صفر}} = \text{ص}$

والقيمة النافعة ل ص هي القيمة السالبة .

ويمكن حل المعادلة الأخيرة بنفس الطريقة التي أتبعنا لحل معادلة السحب المائلة . ولكن لما كانت قيمة ψ صفر غير مباشرة فإنه لا يمكن إيجاد قيمة ψ بدلالة ψ حتى تحدد قيمة ψ صفر فيما عدا حالة $\psi = 0$.

وعلى العموم يكون حل المعادلة على الصورة

لو $\frac{مع}{مع} = د (ص)$ والقی تعطی

لو $\frac{\text{نصف صفر}}{\text{نصف}} = \text{د (ص صفر)}$ عند مدخل الإسطمبية

$$\text{حیث ص صفر} = \frac{\text{ض ی صفر}}{\text{ت م صفر} - \text{و ض ی صفر}} \text{ ای اُن}$$

$$\frac{\text{ض ن صفر}}{\text{ن ص صفر} + 1} = \frac{\text{ص ص صفر}}{\text{ض ص صفر}}$$

وعلى ذلك

بفرض قيم ل ص صفر يمكن ربط قيم $\frac{\text{ض ل ص صفر}}{\text{ت ش ص صفر}}$ بقيم لو $\frac{\text{ل ص صفر}}{\text{ل ص صفر}}$

وبذلك يمكن الحصول على قيم الاجتهادات عند مدخل الاسطحة لأي تخفيض من ١٠ صفر إلى ١٠

مانه وجود امتلاك مع عدم زيادة صلاحية المعدن :

$$\frac{5 \cdot (2 + 5)}{(1 + 1)^2 + (1 + 2)5 + 2 \cdot 5^2} = \frac{5}{5} = 1$$

$$\text{حيث } \frac{\text{ض س}}{\text{ت س صفر}} = \text{ص}$$

وبتتبع نفس طريقة خطوات التحليل لعمليات السحب يمكن الوصول إلى : —

$$(22) \quad \text{لو } \frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{1}{4} \text{ لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}} - \frac{\text{م} - 6}{\text{م} - \text{م} 12 + 12 \sqrt{2}} \cdot \frac{\text{س}}{\text{س}} \quad \text{حيث } \frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{\text{ط} 1}{\text{س}}$$

$$\text{حيث } \frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{\text{ط} 1}{\text{س}} = \frac{\text{ص} \sqrt{2} - \text{م} 12 + \text{م} 2}{(2 + \text{م}) \text{س} + (\text{م} + 1) 4}$$

$$(23) \quad \text{لو } \frac{\text{ل}}{\text{ل}} = \frac{1}{4} \text{ لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}} + \frac{\text{م} + 6}{\text{م} - \text{م} 12 + 12 \sqrt{2}} \cdot \frac{\text{س}}{\text{س}} \quad \text{حيث } \frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{\text{ط} 1}{\text{س}}$$

$$(24) \quad \text{لو } \frac{\text{ل}}{\text{ل}} = \frac{1}{4} \text{ لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}} - \frac{\text{م}}{\text{م} - \text{م} 12 + 12 \sqrt{2}} \cdot \frac{\text{س}}{\text{س}} \quad \text{حيث } \frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{\text{ط} 1}{\text{س}}$$

$$\text{وفي هذه الحالة لو } \frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{1}{4} \text{ لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}} + \frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{1}{4} \text{ لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}} - \frac{\text{م}}{\text{م} - \text{م} 12 + 12 \sqrt{2}} \cdot \frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{1}{4} \text{ لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}}$$

$$\frac{1}{4} \text{ لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}} + (\text{م} + 1) 2 \text{ لو } \frac{1}{4} \text{ لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}}$$

ولما كانت $\frac{1}{4} \text{ لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}}$ معروفة فإن توزيع الإجهاد ص يمكن الحصول عليها بدليل س بدون حساب س صفر أولا

هناك وجود زيادة صدارة مع عدم وجود الضغط :

$$\frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{2 + \text{ص} (1 + 2)}{2 + \text{ص} (1 + 2 + 2) + 1} = \frac{1}{2} \text{ س}$$

$$\text{حيث } \frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{\text{ض س}}{\text{ت س صفر}} = \frac{\text{س}}{\text{ت س صفر} - \text{و} \cdot \text{و} - 1 \cdot \text{و} \cdot \text{و} - \text{س صفر}}$$

وبتتبع نفس طرق التحليل السابقة يمكن الوصول إلى :

$$(25) \quad \text{لو } \frac{\text{س}}{\text{س}} = \frac{1}{4} \text{ لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}} - \frac{2 + 1}{(2 + 1 + 2) 4} \cdot \text{لو } \frac{\text{ص}}{\text{س}} - \frac{\text{س}}{(2 + 1 + 2) 2} \cdot \frac{\text{س}}{\text{س}}$$

$$\text{حيث } \phi = \frac{\bar{V}^3}{2 + \bar{V}(1+2)} \quad \text{ط ١}$$

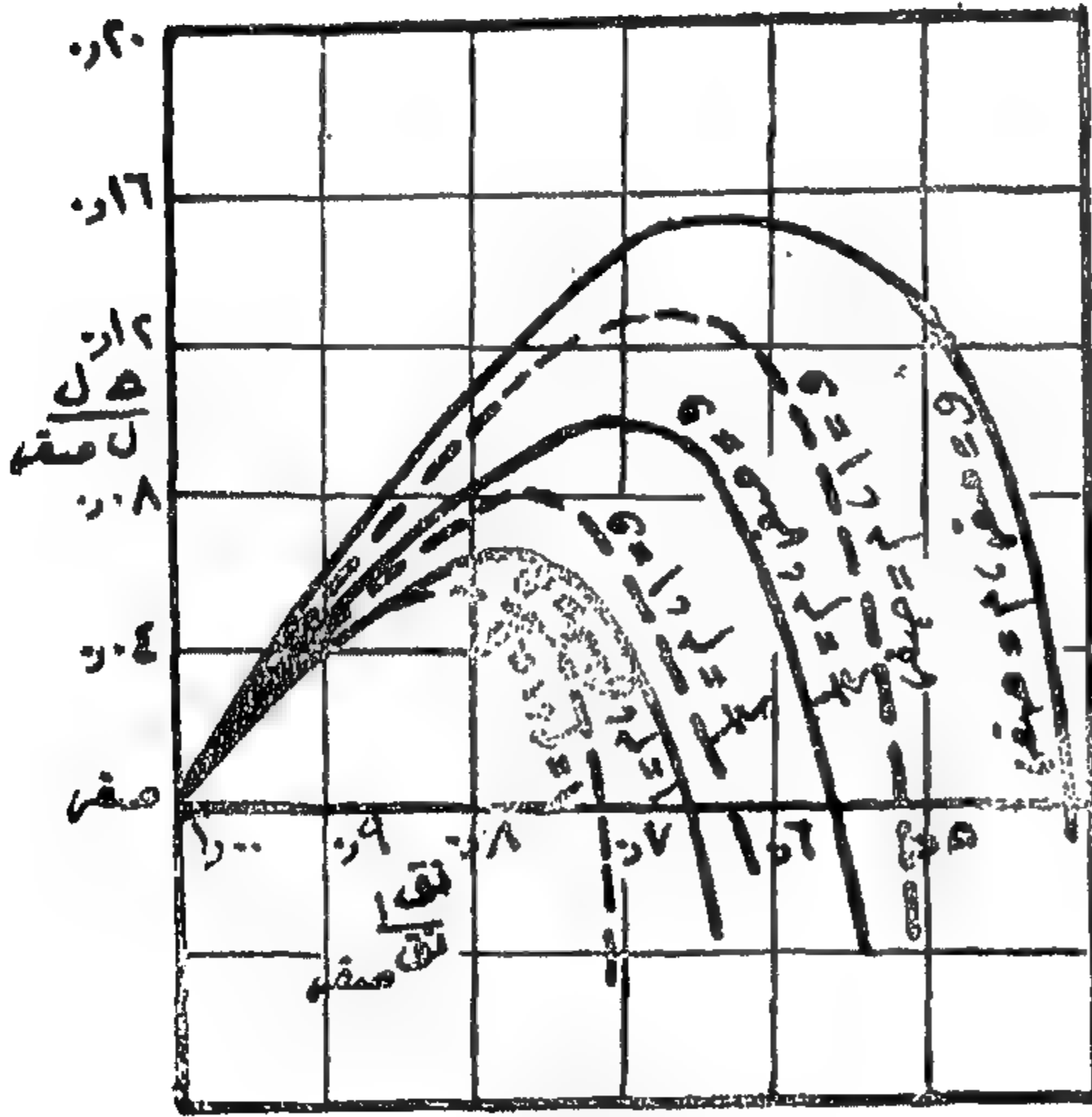
$$(26) \quad \frac{\phi(1+2)\bar{V}^3}{(1+2+2)^2} + \text{لو ص} \cdot \frac{1-2}{(1+2+2)^2} = \frac{\bar{L}}{\bar{L}_1}$$

$$(27) \quad \phi \cdot \frac{\bar{V}^3}{(1+2+2)^2} - \text{لو ص} \cdot \frac{2+2}{(1+2+2)^2} = \frac{\bar{L}}{\bar{L}_1}$$

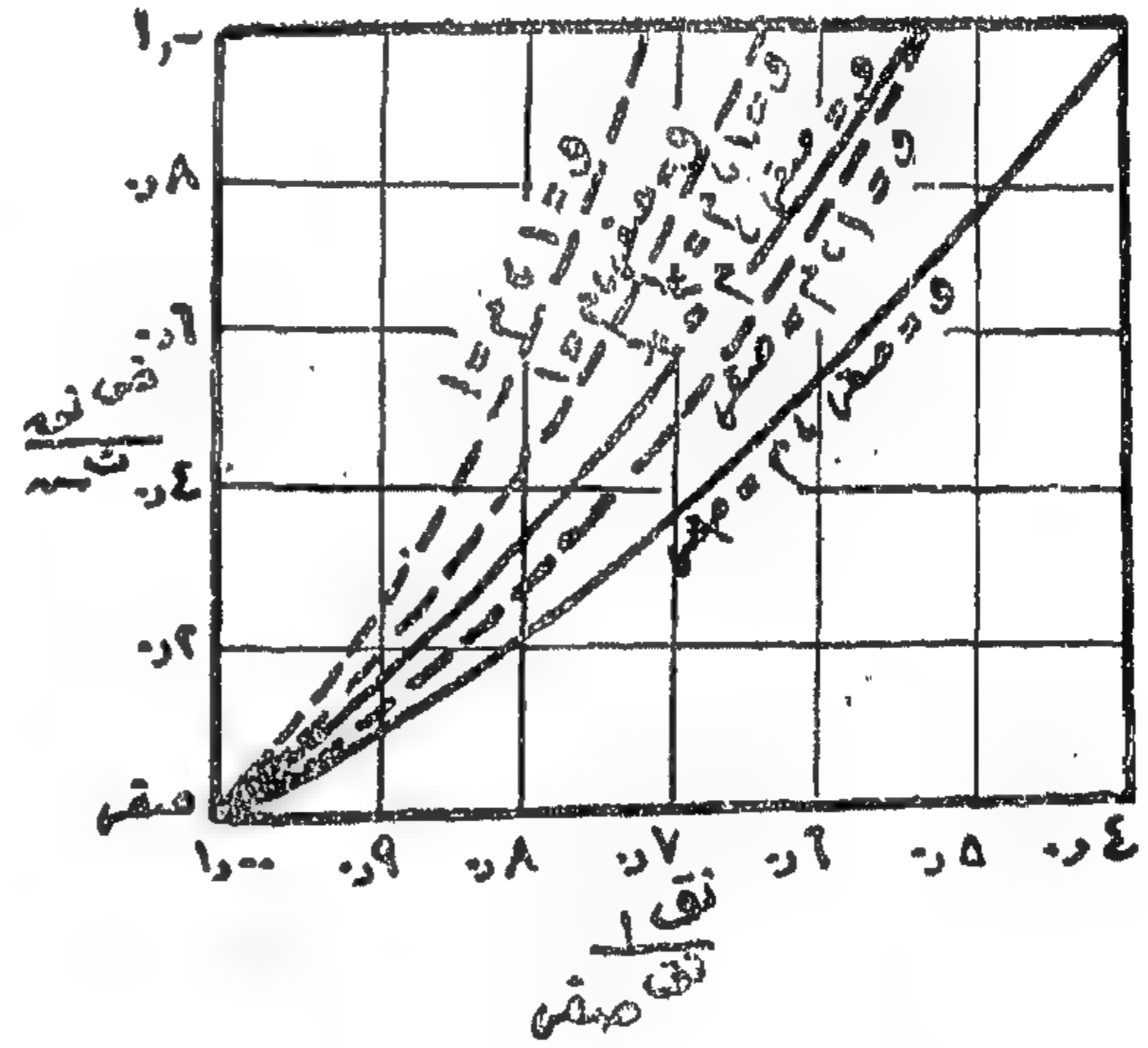
وفي هذه الحالة تكون قيمة الاجهاد عند مدخل الاسطمية مساوياً :

$$\frac{\text{ص صفر}}{\text{ت ص صفر}} = \frac{\text{ص صفر}}{1 + 0.5 \text{ ص صفر}}$$

وتبين الأشكال التالية توزيع الجهود والجهود في عمليات الضغط تبعاً للمعادلات السابقة وقيم مختلفة لكل من م ، و ، وهي التي تحدد الاحتكاك ودرجة الصلادة .



شكل (٩)



شكل (٨)

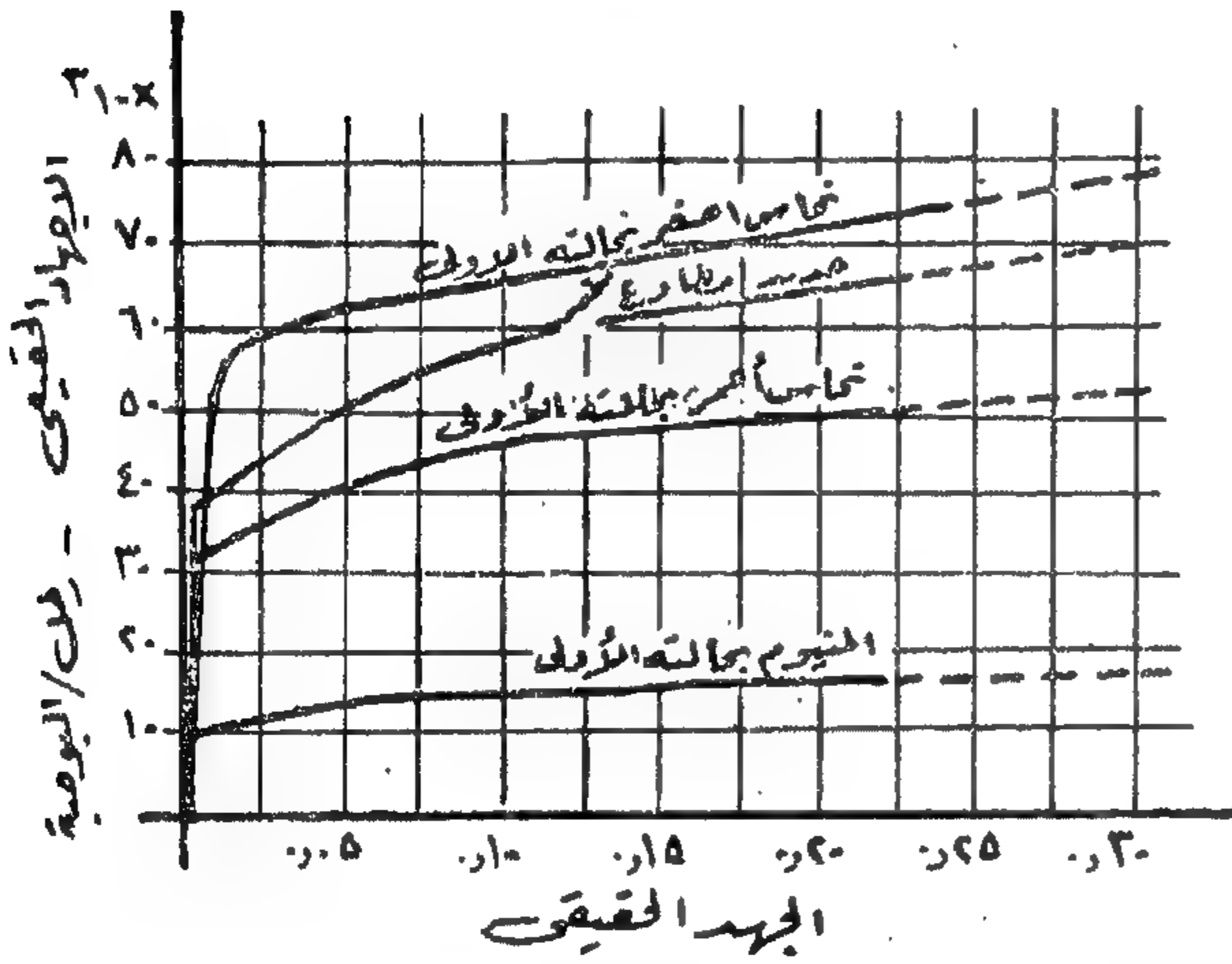
نظرية كي المواسير:

وتتم عملية كي المواسير أما باستخدام دابل ثابت ، وعليه تتجه كلتا قوى الاحتكاك على سطحي الماسورة إلى عكس اتجاه حركة الماسورة نفسها . أو تتم عملية السكي بدليل متحرك بسحب نهاية الدليل مع طرف الماسورة خلال فتحة الاسطمية أو بارتكاز نهاية الدليل على قاعدة الماسورة المغلق ثم دفعها خلال الاسطمية . تنشأ حركة نسبية بين الدليل وجدران الماسورة يكون منشؤها الإمتطالة الحادثة في الجيدران فتزيد سرعتها في أثناء حركتها بين مدخل الاسطمية

ومخرجها ، بينما لا يحدث مثل هذا التغيير في جسم الدليل المستعمل بل يكون طفيفاً وفي حدود مرونة معدنه . وبذلك يتحرك الدليل إلى الأمام بالنسبة لجدران الماسورة ، ويكون اتجاه قوى الاحتكاك على السطحين عاكساً الواحد الآخر أما في حالة استخدام دليل متحرك حر ، وهي حالة غير عملية فإن قوى الاحتكاك تتعادل بحيث يتحرك الدليل داخل الأسطوانة بسرعة متوسطة بين سرعتي جدران الماسورة عند مدخل الأسطوانة ومخرجها وبدون عجلة . ويكون اتجاه قوى الاحتكاك إلى الأمام عند مدخل الأسطوانة وإلى الخلف عند مخرجها .

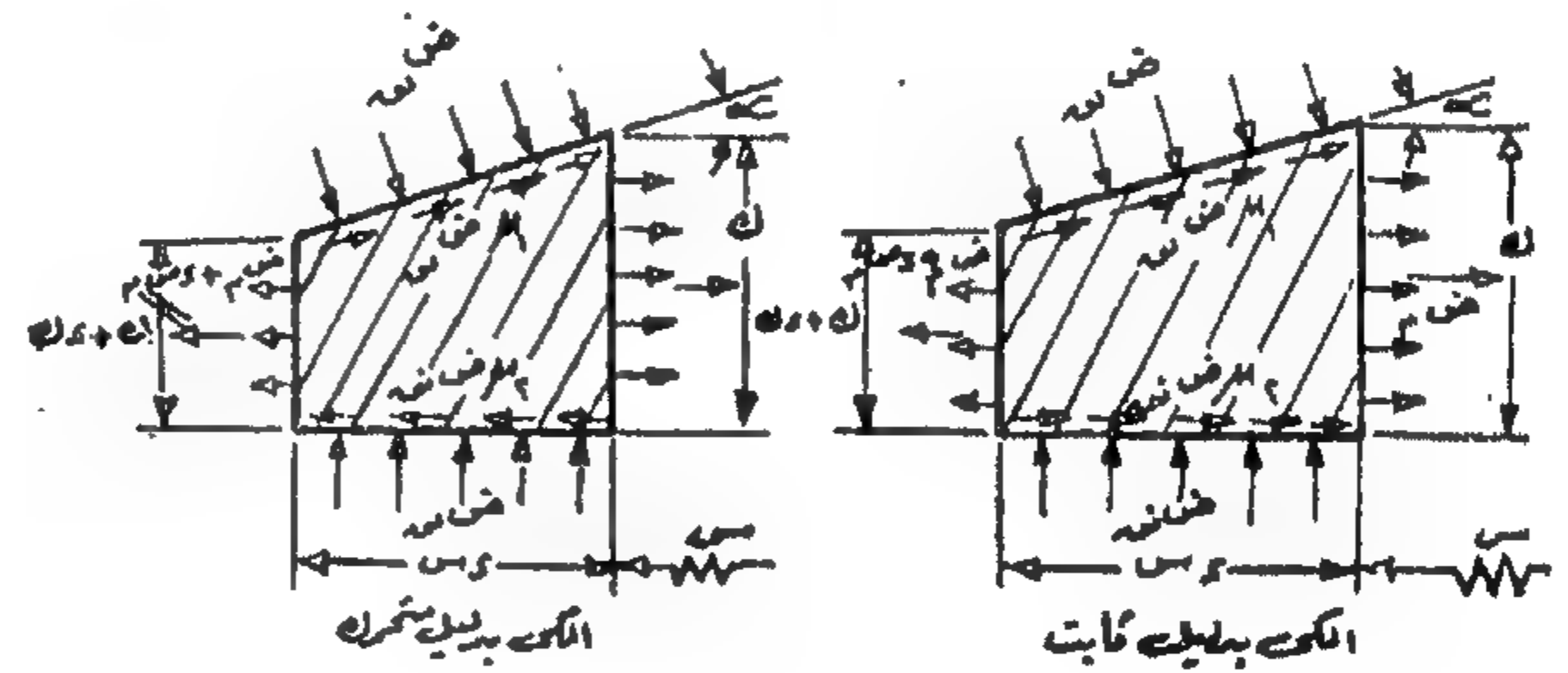
وضع ساخس (٧) sacks نظرية لكي المواسير ترتكز على أسس الجهد المستوى ، بمعنى إهمال الجهد الحادث في الاتجاه الثالث (الاتجاه المحيطي) . وعليه ينساب المعدن في اتجاه محور الماسورة ويمكن اعتبار أى شريحة طولية من الماسورة كسطح معدني يتم كيه بين آلة سفلى (دليل) وآلة عليا (أسطوانة) .

ولقد أهمل ساخس في نظريته هذه عامل النقصية التي تحدث بجدران الماسورة عند سحبها على البارد ، وتوصل إلى معادلات الإيزان بتعادل القوى المؤثرة على قطاع من الجدران عمودي على محور الماسورة ، شكل (١٠)



شكل (١١) خط بياني الجهد - الاجهاد لمختلف المعادن

وباستخدام نظرية تريسكا الخاصة بطبيعة المعادن في لحظة انتقالها من حالة الرونة إلى حالة اللدونة ، وبفرض تساوى توزيع الإجهاد المحورى خلال سمك الحائط أمكن لساخس الوصول إلى المعادلة التالية :



شكل (١٠) نظرية

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_0} - 1 \right) \frac{\mu_2 + \mu_1 + \alpha}{\mu_2 + \mu_1} = \frac{\sigma}{\sigma_0}$$

$$\text{حيث } \alpha = \frac{\mu_2 + \mu_1}{\sigma_0} \text{ عند الكي بدليل ثابت}$$

$$\text{أو } \alpha = \frac{\mu_2 + \mu_1}{\sigma_0} \text{ عند الكي بدليل متحرك}$$

$$\alpha = \text{زاوية ميل سطح الأسطوانة .}$$

$\mu_1 =$ معامل الاحتكاك بين الاسطحة ومسطح الماسورة الخارجى .

$\mu_2 =$ معامل الاحتكاك بين سطح الدليل ومسطح الماسورة الداخلى .

ضم = الإجهاد فى الاتجاه المحورى .

ت = صفر = معدل قوة انسياب المعدن عند مدخل الاسطحة .

ل = سمك الجدار عند مخرج الاسطحة .

ل = صفر = سمك الجدار الأساسى .

تناول سويفت swift^(٨) هذا الموضوع بالتحليل مرتكزاً على مبادئ الجهد المستوى مرة أخرى ، ولكنه وضع عامل التقسية موضع الاعتبار ، ولقد استخدم نفس نظرية تريسكا السابقة مع فرض العلاقة التالية :

$$\text{ضم} + \text{ضس} = \text{ت} + \text{صفر} + \text{هـ} . \text{ضم}$$

حيث هـ = عامل التقسية

ضس = إجهاد الضغط فى اتجاه نصف القطر

ولقد أمكن الوصول إلى معادلة الانسياب الآتية :

$$\text{ضم} = \frac{\text{ت} + \text{صفر}}{\left(1 - \left(\frac{\text{ل}}{\text{ل}}\right)^1\right)}$$

حيث ١ = (هـ - ١) - ط

$$\text{ب} = \frac{\text{ط} + ١}{\text{هـ} - \text{ط} - ١}$$

$$\text{ط} = \frac{\mu_2 + \mu_1}{\alpha \text{ طا}} \text{ عند الكى بدليل ثابت}$$

$$\text{أو} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\alpha \text{ طا}} \text{ عند الكى بدليل متحرك}$$

ثم حاول سويفت وآخرون^(٨) ،^(٩) رفع قيمة نسبة الإجهاد السابقة بإدخال بعض التعديلات مع استخدام نفس قواعد الجهد المستوى ولكن النتائج كانت قريبة جداً من السابق الحصول عليها .

وهنا يجب الإشارة إلى أن سويقت لم يأخذ ضمن الاعتبار تأثير القص السابق ذكره على إجهاد الانسياب عند بدء فترة انسياب المعدن المتناسق .

نظرية مفترمة المحوَّاف (بطرس) ترتكز على قواعد التناسق المحورى (Axi-Symmetrical Principles)

تمنع طبيعة المواسير وإبعادها من دعاماتها على أساس الجهد المستوى . ومن الأنسب تحليل عملية كي المواسير على أساس انتناسق المحورى . ولقد سبق لسويقت القيام بمثل هذا التحليل للوصول إلى نظرية سحب المواسير فارغة ، والتي سبق ذكرها . ولقد ثبت صلاحية هذه النظرية بعد مقارنتها بنتائج التجارب العملية التي قام بها المؤلف الحالي^(٦) .

ومن غير الضروري اعتبار الإجهاد الجانبي (في اتجاه نصف القطر) بين سطح الماسورة والاسطمة (ضس) مساوياً للإجهاد الداخلى (ضس و) بين سطح الماسورة والدليل . وبمعنى آخر نفرض أن :

$$\frac{\text{ضس و}}{\text{ضس}} = \mu \pm 1 \text{ وخاصة مع المواسير سميكة الجدار .}$$

وفي الحقيقة أن احتمال التساوى بين ضس و ، ضس لا يجوز إلا في حالات المواسير الرقيقة جداً ، والتي تقرب فيها نسبة نصف القطر إلى سمك الجدار من اللانهاية .

ولقد قسمت عملية كي المواسير في النظرية الحالية إلى ثلاث مراحل متتابعة وهي :

قص المعدن عند الدخول .

ثم انسياب متناسق للمعدن .

ثم قص المعدن عند الخروج وفي عكس اتجاه القص الأول .

ومن الطبيعى استخدام رموز مختلفة لإجهادات الانسياب في هذه الماطق الثلاث هي T_1 ، T_2 ، T_3 .

كذلك من الضروري الحصول على علاقة مناسبة تربط إجهاد الانسياب بالجهد الحادث ، ثم استخدامها في النظرية المطلوبة للحصول على صورة أخيرة لها .

ولقد أثبتت التجارب السابق عملها على أن العلاقة المطلوبة ، والتي يحصل عليها من اختبارات الضغط ، وذلك في حدود الجهد الذى يتوقع حصوله عملياً في تجارب كي المواسير ، مماثلة لما يحصل عاية من اختبارات الشد . كما أنه كان من الأنسب عملياً إجراء اختبارات شد على شرائح معدنية مأخوذة من جدران المواسير .

وكان رأى أولاً أنه يمكن الاعتماد على نتائج اختبارات السحب حتى منطقة الاختناق بالعينة تحت الاختبار ، ولكن

أثبتت بعد ذلك كل من فورد "Ford" (١٠) وتشونج (Chung) (١١) بأنه يمكن الاعتماد على نتائج هذه الاختبارات حتى حدوث الكسر .

ويبين شكل (١١) نتائج الاختبارات التي قام بها المؤلف على كل من النحاس الأصفر والصلب والنحاس الأحمر والألمنيوم .

وبعد مناقشة عدة اعتبارات ودراسات سابقة ، أمكن الوصول إلى أنه يصح مد الخطوط البيانية برسم مماس لها بعد نقطة حدوث الكسر . ويظهر هذا الجزء بالشكل السابق على هيئة خطوط متقطعة .

ويمكن فرض معادلة هذه الخطوط البيانية على الصورة .

$$T = T_0 + 0.2$$

$$\text{أو } \frac{T}{T_0} = 1 + N$$

وتحتاج هذه الصورة إلى تقريب كبير بالجزء الأول ، والذي يكون فيه معدل الجهد بسيط . ويمكن التغلب على هذه الصعوبة بتحليل تأثير القص مستقلاً ، مع فرض إجهاد الانسياب الأول بحيث يهمل تأثير عامل التقسية الحادث أثناء دخول المعدن الإسطمية .

وبتحليل المرحلة الأولى لعملية الكس ، أي مرحلة قص المعدن عند دخوله الإسطمية نجد أن معدل القص المذكور يتغير خلال مقطع جدار الماسورة ، فيتدرج من أعلى قيمة له عند السطح الخارجى $\phi = \alpha$ ، إلى أقل قيمة له عند السطح الداخلى $\phi = 0$. ونا كان سمك الجدار صغير بالنسبة لقطر الماسورة ، وبالتالي فإن حجم المعدن لوحدة الطول ووحدة السمك لا يتغير تغيراً ملحوظاً عند هذين الوصفين ، لذلك فإنه يمكن اعتبار أن متوسط معدل القص خلال سمك الجدار هو $\phi = \frac{1}{2} \alpha$ ، والتي تعادل معدل جهد مباشر يساوى $\frac{1}{2}$ طال تقريباً .

ويمكن تبسيط نظرية القص الحادث عند دخول الماسورة الإسطمية ، بفرض أن هذا القص يحدث عند معدل انسياب متناقص ويساوى T_0 ، ويكون قيمته متوسط قيمة قوة الانسياب بالمنطقة صفر $\geq \alpha \geq \frac{1}{2} \alpha$.

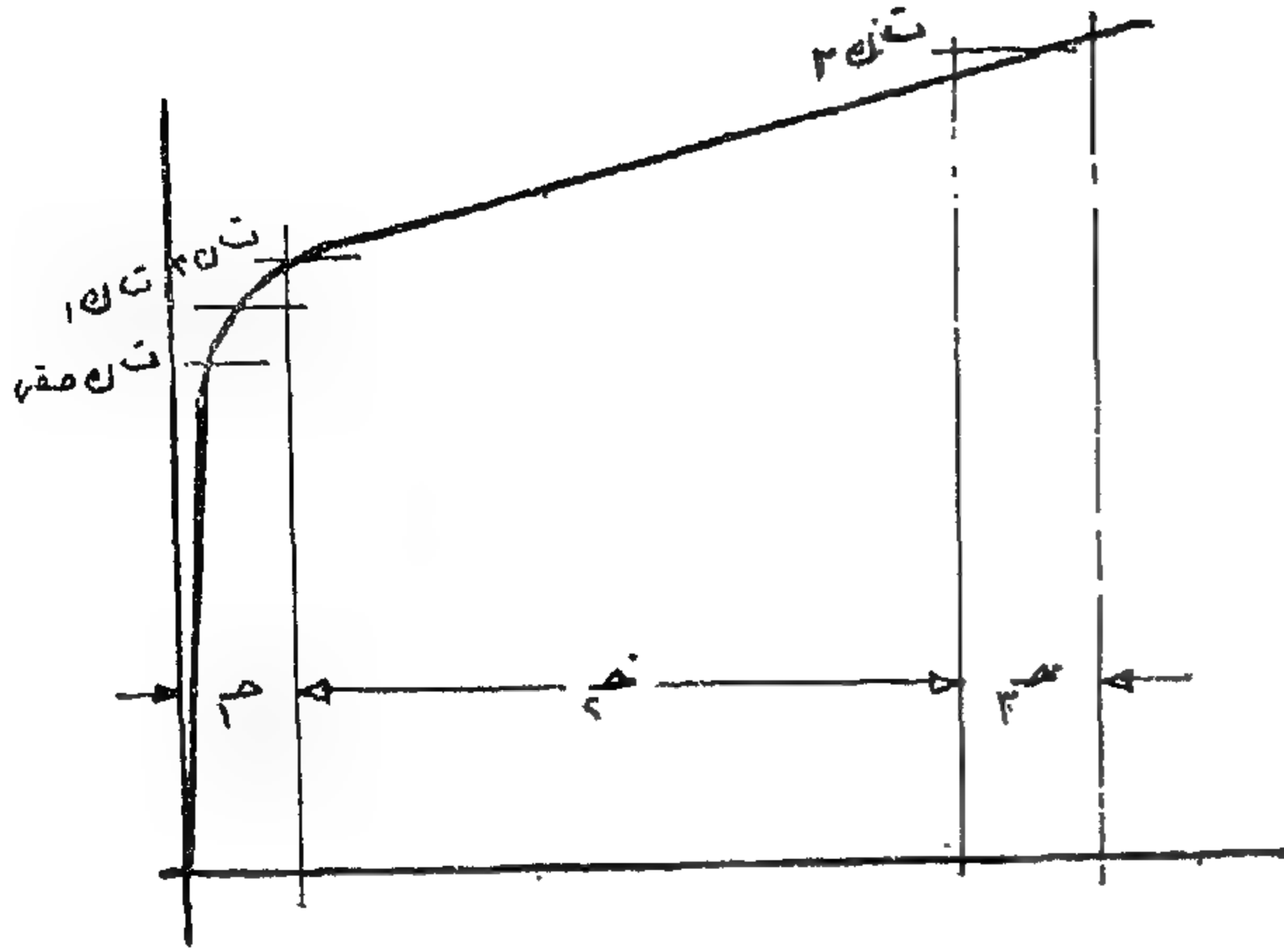
يلى ذلك مرحلة انسياب المعدن إنسياباً متناسقاً خلال الإسطمية . وهنا يجب الإشارة إلى أن المعدن نفسه الداخل إلى هذه المنطقة غير متناسق المقطع ولكن من الصعب التحليل النظري باعتبار إجهادات الانسياب غير متناسقة خلال سمك الجدار . لذلك فإن قيمة T_0 المستخدمة هي قيمة الإجهاد الفعلى عند الجهد .

$$(\alpha = \phi = \frac{1}{2} \alpha \text{ طال بالشكل ١٢})$$

ومن هذه النقطة على خط بياني الإجهاد — الجهد يمكن تقريب الجزء التالى من الخط إلى الصورة .

$$T = T_0 + 0.2$$

أما عن المنطقة الثالثة فإن المعدن ينساب تبعاً
للمعادلة الآتية :



شكل (١٢)

$$T_3 = T_2 + m \left(\frac{1}{\epsilon_3} + \frac{1}{\epsilon_2} \right)$$

تحليل منطقة القوس عند دفرول المعدن
الأسطمية :

يمكن الحصول على إجهادات المحورية من المعادلة
التي سبق أن أوضحها سويقت وهي :

$$\epsilon_m = T_1 \cdot \frac{1}{\alpha} \left(\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} \right) \left(\frac{\epsilon_{\text{صفر}}}{\epsilon_1} \right)$$

ومن شكل أجزاء جهاز السكي الهندسي نجد أن :

$$\frac{1}{1 - \frac{\epsilon_{\text{صفر}}}{\epsilon_1}} = \frac{\epsilon_{\text{صفر}}}{\epsilon_1}$$

$$\therefore \epsilon_m = T_1 \cdot \frac{1}{\alpha} \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{\epsilon_{\text{صفر}}}{\epsilon_1} \right)} + \frac{1}{\epsilon_2} \right)$$

تحليل منطقة إنسياب المعدن المتناسق

كي المواسير بواسطة دليل متحرك :

ينطبق هذا التحليل فقط على عملية السكي بالدليل المتحرك التي تتم بواسطة سحب نهاية الدليل مع طرف الماسورة ،
أو بواسطة إرتكاز نهاية الدليل على قاعدة الماسورة المغلق ثم دفعها خلال الإسطمية .

توزع القوى المؤثرة على حلقة رفيعة من مقطع الماسورة عند أي لحظة أثناء عملية السكي كما هو واضح بشكل (١٣) .

وبتحليل هذه القوى بالنسبة لنصف الحلقة في الاتجاه الرأسى وللكامل الحلقة في الاتجاه الأفقى ، وبالتعويض من
إحدى المعادلتين في المعادلة الثانية نجد أن المعادلة التفاضلية الأخيرة تكون :

$$\frac{1}{\frac{\mu_1}{\mu_2} + 1} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \cdot \frac{1}{\Delta + \mu_2 \cdot \frac{1}{\mu_1}}$$

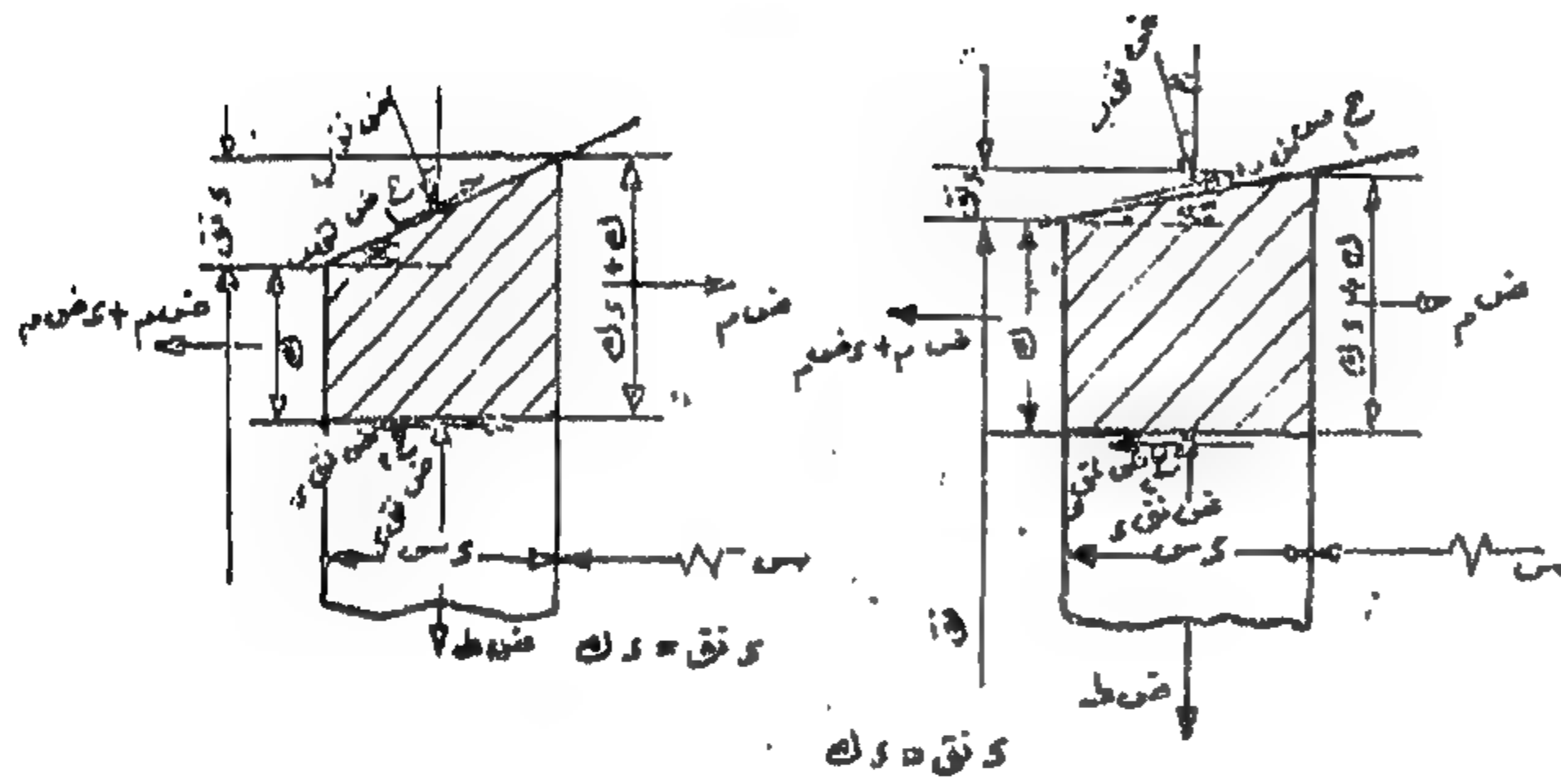
$$\Delta = \frac{1}{\mu_1} \cdot \frac{\mu_1 \cdot \alpha + \mu_2 \cdot \alpha + \mu_1 \cdot \alpha - \mu_2 \cdot \alpha}{\mu_1 \cdot \alpha + \mu_2 \cdot \alpha - \mu_1 \cdot \alpha}$$

$$f = \frac{1}{1 + \frac{\mu_1}{\mu_2} \left(1 - \frac{\mu_1}{\mu_2} \right)}$$

كى المواسير بواسطة دليل ثابت :

تختلف هذه الحالة عن سابقتها فى أن قوى الاحتكاك μ_1 ، μ_2 ، μ_3 ، μ_4 لها نفس الاتجاه .

وتكون المعادلة التفاضلية الأخيرة بنفس الصورة السابقة ، فيما عدا قيمة Δ التى تصبح .



(ب) الكى بالدليل المتحرك (ج) الكى بالدليل الثابت
شكل (١٣) نظرية بيرس

$$\Delta = \frac{1}{\mu_1} \cdot \frac{\mu_1 \cdot \alpha + \mu_2 \cdot \alpha - \mu_1 \cdot \alpha}{\mu_1 \cdot \alpha + \mu_2 \cdot \alpha - \mu_1 \cdot \alpha}$$

وتساعد هذه المعادلة على تحديد قيمة μ_m بدلالة μ . ويلزم بجانب هذه المعادلة معادلات أخرى والتى يمكن الحصول على إحداها من طبيعة المعدن عند لحظة انتقاله من حالة المرونة إلى حالة اللدونة .

نظرية إنسياب المعدن :

تبعاً لنظرية تريسكا نجد أن أكبر فرق جبرى بين إجهادات القوى ، تساوى إجهاد إنسياب المعدن تحت تأثير السحب البسيطة .

تتكون معدلات القوى المؤثرة على الماسورة أثناء عملية السكى من ثلاث قوى رئيسية هى :

القوة المحورية μ_m

، القوة النصف قطرية μ_s

، القوة المحيطة μ_t

والأولى من هذه القوى الثلاث موجبته وحتى يمكن إيجاد فكرة عن طبيعة القوى الثانية والثالثة ونسبتهما بعضهما

إلى بعض ، كان من اللازم تحليل حلقة من الماسورة تحت تأثير ضغط جانبي ضوئ من الداخل ، ضوئ من الخارج ، بدون حدوث أى لين بالمعدن ، أى مع بقائه فى حالة البرونة .

وبعد إزالة القوى الخارجية المؤثرة ، تبقى بعض القوى الكامنة بجدران الماسورة ، والتي حلت عملياً وأمكن دراسة توزيعها خلال سمك هذه الجدران ، فى كل من إتجاه نصف القطر والإتجاه المحيطى .

وبإضافة التأثيرين السابقين أمكن استنتاج أن القوى المصف قطرية تقل جبرياً عن القوى المحيطية ، وبذلك يمكن القول بأن :

$$\text{ضم}_2 < \text{ضط} < \text{ض}_2 \text{ (متوسط القيم خلال سمك المعدن)}$$

وعليه يمكن كتابة نظرية إنسياب المعدن بالصورة :

$$\text{ضم}_2 + \text{ض}_2 = \text{تك}$$

يزداد الإجهاد المحورى فى عملية السكى أثناء حركة الماسورة من مدخل الإسطعية إلى مخرجها وإهمال الاحتكاك ومعامل التقسية نجد أن القوة المذكورة تتناسب ولو غاريتهم الجهد الرئيسى .

$$\frac{\text{ن}}{\text{نصفر}} = \frac{\text{ضم}_2}{\text{تك}_2}$$

ومن العلاقة بين الإجهاد والجهد .

$$\therefore \text{تك} = \text{تك}_2 + \text{م} = \frac{\left(\frac{\text{ن}}{\text{نصفر}}\right)^2 - 1}{\left(\frac{\text{ن}}{\text{نصفر}}\right)^2 - 1} \cdot \text{م} + \text{م}$$

حيث م هى متوسط ميل الجزء من خط بيانى الإجهاد — الجهد ، والتي تتم خلاله عملية السكى المتناسق الإنسياب .

$$\therefore \text{تك} = \text{تك}_2 + \frac{\left(\frac{\text{ن}}{\text{نصفر}}\right)^2 - 1}{\left(\frac{\text{ن}}{\text{نصفر}}\right)^2 - 1} \cdot \left(\frac{\text{ضم}_2}{\text{تك}_2} \cdot ١٣٥ - ١\right) \cdot \text{م}$$

ويمكن تقريب المعادلة السابقة فى الحدود العملية للقدار $\frac{\text{ضم}_2}{\text{تك}_2}$ وهى صفر إلى ١ .

$$\therefore \text{تك} = \text{تك}_2 + \frac{\left(\frac{\text{ن}}{\text{نصفر}}\right)^2 - 1}{\left(\frac{\text{ن}}{\text{نصفر}}\right)^2 - 1} \cdot \text{ضم}_2$$

وبالتعويض في معادلة ترمكا

$$\therefore \text{ض}_3 = \text{تك}_2 + \left[1 - \frac{\frac{\text{تك}_2}{\text{تك}_2}}{\left(\frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} - 2 \right)} \right] \cdot \text{ض}_2$$

أما المعادلة الثالثة الضرورية لإتمام التحليل فيمكن الحصول عليها من العلاقة بين الإجهاد والجهد بالمنطقة التي يليها فيها المعدن .

وأبسط علاقة حصل عليها ليقي - لود Levy-Lode ، والتي تتشابه فيها دوائر مور Mohr's Circle Diagrams لكل من الإجهاد والجهد .

$$\frac{\frac{\Delta}{\text{لصفر}}}{\frac{\Delta}{\text{لصفر}}} = \frac{2 \text{ ض}_3 - \text{ض}_2}{2 \text{ ض}_3 - \text{ض}_2} = \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}}$$

ومن المعادلات السابقة نجد أن :

$$\text{ض}_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} - \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} \right) + \frac{2 \cdot \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}}}{1 + \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}}} \cdot \text{تك}_2$$

وبالتعويض في معادلة الاتزان السابق الحصول عليها :

ثم بالتكامل يمكن الحصول على المعادلة الآتية :

$$\text{ض}_2 = \left(1 - \left(\frac{\frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} - 1 + \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}}}{\frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} - 2} \right) \right) \cdot \text{تك}_2$$

$$\text{حيث ب} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} - \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} \right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}}$$

∴ يمكن الحصول على الإجهاد المحورى الإجمالى بإضافة ض_{١م} ، ض_{٢م} ، ض_٣

$$\therefore \text{ض}_\text{م} = \text{ض}_\text{١م} + \text{ض}_\text{٢م} + \text{ض}_\text{٣م}$$

$$= \text{طا } \alpha \cdot \text{تك} \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}}\right)^6} + \frac{1}{\left(1 - \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}}\right)^6} \right) + \text{تك} \cdot \left(\frac{1 + \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}}}{\frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} - 1} \right)^2 \left(1 - \left(\frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} - 2 \right) \right)$$

$$+ \frac{1}{8} \text{طا } \alpha \cdot (\text{تك} + \text{م}) \left(\frac{\left(\frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} \right)^2 - 1}{\left(\frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} - 2 \right) \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}}} + \frac{\alpha \text{طا}}{8} \right) \left(\left(1 - \frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} \right)^{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}} \right)$$

تصميم الاسطوانات تشكيل المواسير:

أجريت بعض التجارب السابقة فى عمليات سحب المواسير الحديدية وغير الحديدية وكما بواسطة « لوفنولز » وسويفت (١٢) ، (٨) ، وذلك لدراسة تأثير درجة ملابية أسطح الاسطوانات الجانبية على مقدار التحميل اللازم . وقد أثبتت هذه التجارب تناسب زاوية الاسطوانات ومقدار التخفيض فى مقطع الماسورة لإعطاء أقل تحميل ممكن . وأن قيمة هذه الزاوية تتراوح ما بين ١٠° للتخفيض البسيط ، ١٧° للتخفيض الكبير فى مساحة المقطع . ويرجع تناسب زاوية الاسطوانات مع مقدار التخفيض إلى ازدياد القص الواقع على المعدن بزيادة زاوية ميل جدران الاسطوانات ، بينما تقل مساحة سطح التلاصق بين الاسطوانات وجدران الماسورة ، وتقل قوى الاحتكاك تبعاً لذلك .

ولقد عزز الرأى السابق نتائج التجارب التى أجراها كل من لينج ولو ، مستخدماً بعض الاسطوانات محدودة الزاوية (٥° ، ١٠° ، ١٥° ، ٢٠°) . ومنها وجد أن الزاوية ٥° تعطى أقل تحميل محورى للتخفيض حتى ٨٪ ، بينما تعطى كل من الزاويتين ١٠° ، ٢٠° أقل تخفيض حتى ٤٠٪ .

ومن الناحية النظرية يمكن تحليل تأثير زاوية ميل جدران الاسطوانات بإجراء تفاضل معادلة انسياب المعدن بالنسبة للزاوية نفسها ، ومساواة النتيجة بالصفر . وحتى يسهل إجراء مثل هذا التحليل نفرض حالة الجهد المستوى مع عدم زيادة الصلادة .

ومعادلة انسياب المعدن لسويفت هي :

$$\frac{\text{صم}}{\text{تكصفر}} = \left[1 - \left(\frac{\text{لح}}{\text{لصفر}} \right) \right] + \left[\frac{1}{8} \text{طا } \alpha + \left(\frac{\text{لصفر}}{\text{لصفر}} \right)^{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}} \right] \frac{\text{تك}}{\text{تكصفر}}$$

$$\text{حيث : } 1 - = (h - 1) - (و)$$

$$\frac{1 + و}{h - و(1 - h)} = ب$$

وبإجراء التفاضل ومساواة الناتج بالصفر نجد أن :

$$\frac{1}{\mu^2} + \frac{2}{\alpha^2} \cdot \frac{\mu^2}{\alpha} \cdot \text{لوق} + \frac{1}{\mu^2} + \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\mu^2}{\alpha} \cdot \text{لوق} = 0$$

$$\text{صفر} = \frac{\mu^2}{\alpha} \cdot \frac{1}{\mu^2} -$$

ومنها :

$$\frac{(1 + \mu) \alpha^2}{\mu^2 - \alpha \cdot \text{لوق} - \mu^2 \cdot \text{لوق}} = \frac{2}{\alpha^2}$$

وبفرض $\mu = 1$ ، كقيمة متوسطة لمعامل الاحتكاك ، وذلك باستخدام اسطوانات من الصلب ، يمكن تمثيل العلاقة السابقة بين زاوية ميل جدران الاسطبة (α) لأقل حمل محوري ، والنسبة المثوية للتخفيض في سمك جدران المواسير (ق) بالخطوط البيانية بالشكل (١٤) . ولقد أظهر التحليل النظري وجوب استخدام اسطوانات تتراوح زاويتها ما بين 7° ، 20° .

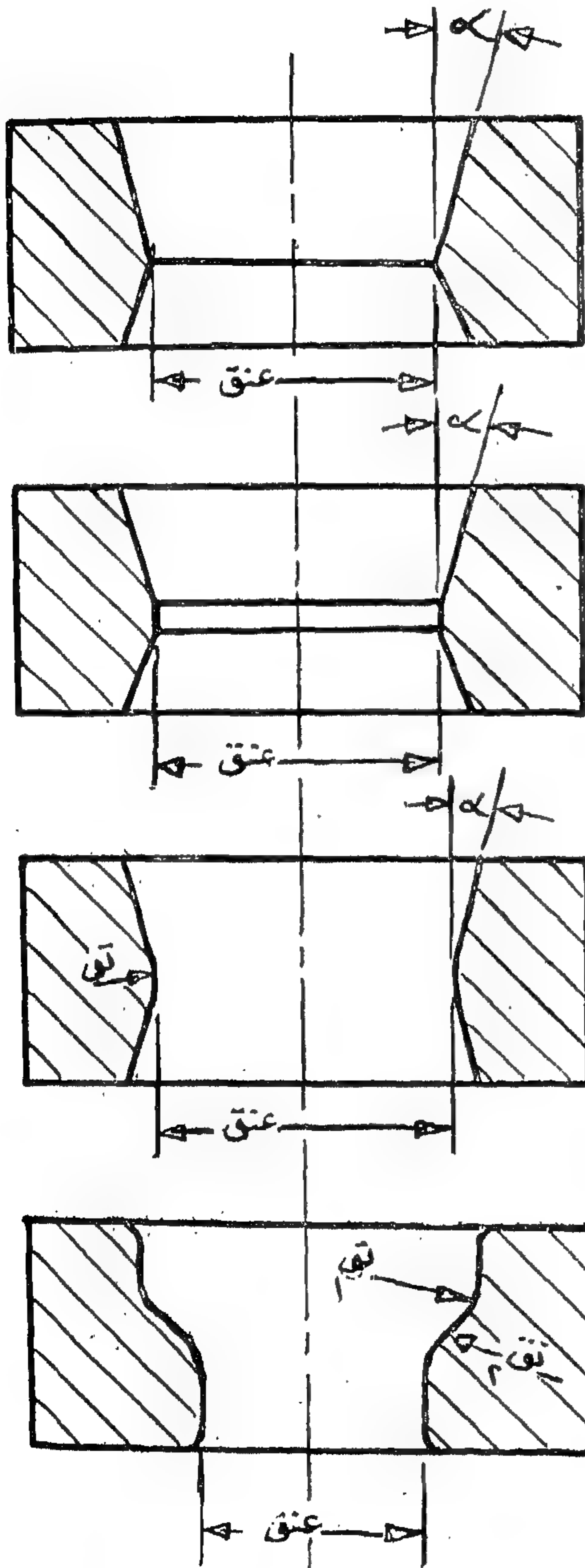
ويوضح شكل (١٤) تطابق نتائج لينج مع القيم النظرية عند كل من طرفي مدى التخفيض العملي في سمك جدران الماسورة . كما يلاحظ بعض التطابق بين نتائج نولز والتحليل النظري ، وعلى الأخص مع التخفيضات المتوسطة للسمك .

ومن المهم ملاحظة تأثير القص يزداد مع نسب التخفيض المرتفعة في حالة المواسير السمكية الجدران ، ولذلك يهبط الحمل المحوري مع الاسطوانات ذات الزوايا المحددة . والعكس صحيح مع نسب التخفيض الصغيرة . وعلى ذلك يتضح أن مدى عملية الاسطبة الموضح بالشكل السابق (أى 7° إلى 20°) يمكن تحديده عن ذلك لنفس مدى التخفيض في سمك الجدران وهو ٥ إلى ٤٠ % .

أما شكل مقطع الاسطبة فكان يصمم عادة بطريقة مماثلة لواقع المستخدم منها عملياً بمصانع سحب المواسير والأشلاك ولكنها لم تدرس دراسة عملية أو نظرية كاملة بحيث يوضح منها تأثير كل شكل على دقة الناتج وأبعاده ، وعلى القدرة المستخدمة ودرجة تأثيرها مقدار التخفيض في مساحة مقطع العينة .

وكانت الاسطوانات الصغيرة تعمل من الصلب الكربوني (٩٠ إلى ١٠١٪ كربون) بعد خراطها وإعدادها للتقسية

ثم الصقل بمسحوق الصنفرة . أما الحجم الكبير منها فيعمل من سبائك الصلب (١.٣ ٪ كربون ، ٣.٥ ٪ تنجستن) . وتنحصر مقاطع الاسطوانات في الأنواع الموضحة بالشكل (١٥) . وجارى حالياً دراسة تأثير تصميم الاسطوانات وأشكال مقاطعها المختلفة على أبعاد المواسير بعد سحبها بدرجات التخفيض المختلفة وذلك بكلية الهندسة جامعة عين شمس تحت إشراف المؤلف .

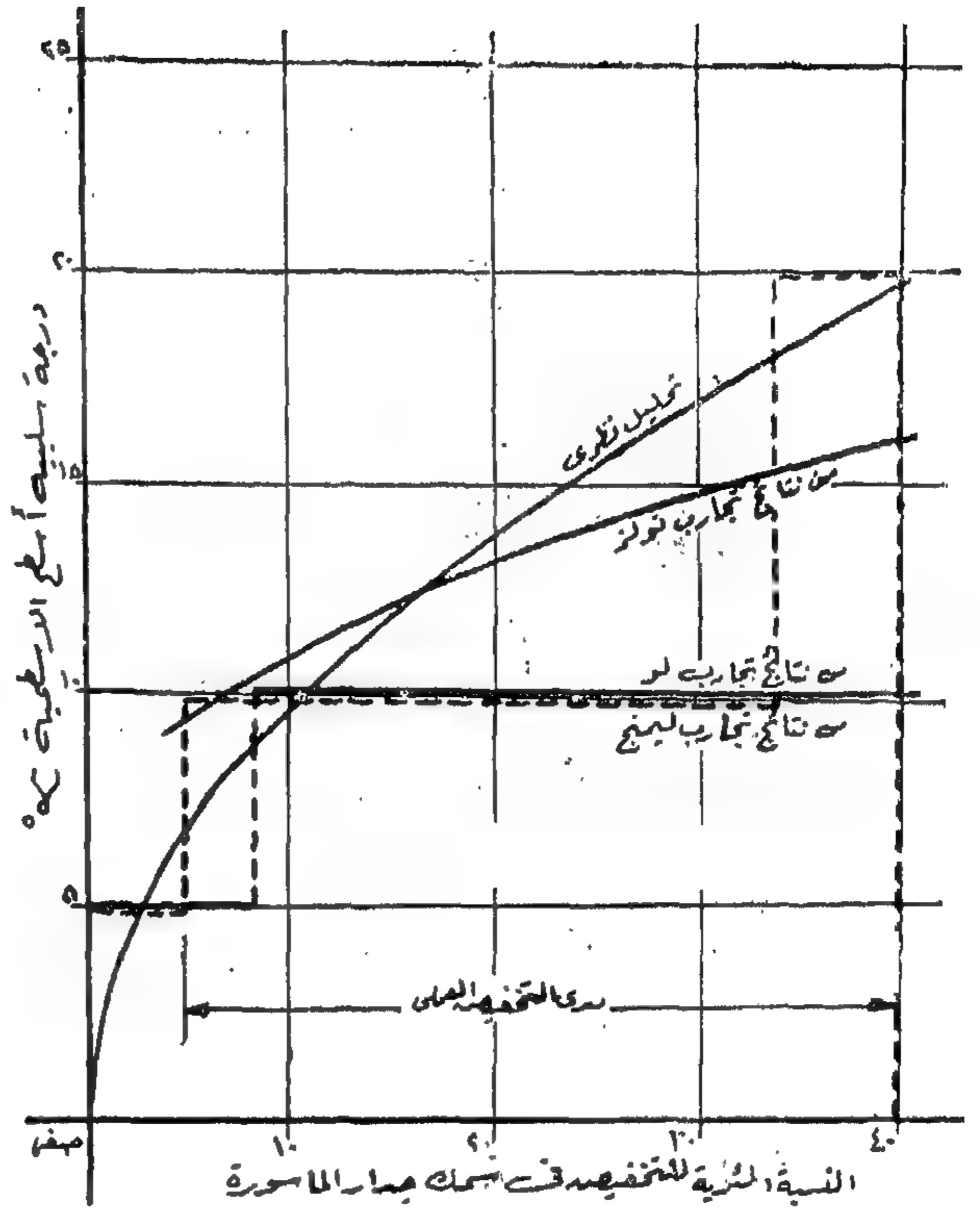


(١)

(٢)

(٣)

(٤)



شكل (١٤) دراسة نسبية الماسورة

الاحتكاك ومواد التزييت المستخدمة في عمليات

سحب المواسير :

لم يفهم بعد بصورة واضحة طبيعة الاحتكاك الذي يحدث أثناء تشكيل المعادن بين المعدن واسطبة التشكيل ، ومن أهم هذه العمليات سحب المواسير وطرق السحب المختلفة والسابق تعريفها . ويختلف جهاز الاحتكاك هنا عما يوجد أو يحدث بين جسمين مرتين . وقد يتضح أن تكون طبيعة هذا الاحتكاك كما شرحه فوردي (١٣) سابقاً ، ويتلخص في الآتي :

شكل (١٥) مقاطع اسطوانات السحب

يتركز المعدنان على بعضهما على بروزات صغيرة متناثرة على السطح والتي يختلف عددها وطبيعتها تبعاً لدرجة نعومة الأسطح وعند انزلاق إحداها على الآخر تحت تأثير الضغوط المرتفعة الموجودة تقص هذه البروزات وقد تلتصق بأحد المسطحين (تلتصق بالسطح الأقل صلادة) . ويوضح قانون الاحتكاك $\mu = \frac{H}{C}$ أن الحمل الكلى يوزع على مساحات هذه البروزات وليس على مساحة سطح التلاصق الكلى غير الواقعي ، ويحدد معامل الاحتكاك في مثل عمليات التشكيل هذه بالقيم $\mu = 0.07$ حتى 0.18 تقريباً . أما في حالة وجود أحد المعدنين في حالة لدونة فإن معامل الاحتكاك يقل عن ذلك ويوضح فورده هذه الحالة بقوله إن قيم الإجهادات العمودية الموجودة أثناء السحب تكون مرتفعة ، ويكون إجهاد القص المماس للسطح المنزلق مركبة واحدة من عدة مركبات معقدة التوزيع وعلى ذلك فإن قيمة الإجهاد المطلوب في الاتجاه المماس يكون بسيطاً .

وقد كان المتبع في أغلب الدراسات السابقة (٩) ، (١٠) فرض قيم لمعامل الاحتكاك μ والتي تعطى أحسن مطابقة بين النتائج العملية والدراسات النظرية لنوع التشكيل تحت الدراسة ، ووضح أن هذه الطريقة غير مقبولة حيث يصح وجود عوامل أخرى كثيرة قد تؤثر على النتائج وتطابق بينها ، ولا يدل هذا الفرض أبداً على صحة قيمة معامل الاحتكاك الحادث . كما يصح أن يبتعد مثل هذا الفرض عن حقيقة الأخطاء الأخرى الجائز وجودها بالتحليل النظري المفروض ، مما لا يساعد على إيضاح جوانب التحليل المختلفة .

ولقد حاول البعض تحديد قيم معاملات الاحتكاك الحادث في بعض عمليات التشكيل ، ويبين جدول (١) التالي قيم μ التي حصل عليها من مختلف مصادر الدراسة .

ومن الدراسات العملية لتحديد قيم μ ، ما قام به ما كليان (١٦) وويستريخ (٢٠) والتي استخدمت فيها اسطوانات مكونة من نصفين منفصلين . ولقد أمكن تحديد قيم μ بقياس قوة فصل نصفي الاسطبة ، والحمل المحوري ، ثم حساب μ هكذا .

$$\mu = \frac{1 - \frac{C}{\alpha} \cdot \frac{C}{\alpha}}{\frac{C}{\alpha} + \alpha}$$

حيث C هو الحمل المحوري ، α هو الحمل نصف القطري . ولقد أمكن للمؤلف (بطرس) قياس معامل الاحتكاك في أثناء عمليات كي المواسير باستخدام اسطوانات من قطعة واحدة ، مركب عليها قياسات كهربائية لمقادير الجهد . ومنها يحسب الحمل نصف القطري على أسطح الاسطبة الداخلية . وفي نفس الوقت يقاس الحمل المحوري ، ومن هذه الأحوال تحسب قيمة μ في المعادلة السابقة .

وهنا يجب الإشارة إلى أن الخطأ في تطبيق المعادلة السابقة يقدر بحوالى ± 7 إلى 15% ، تبعاً لاحتمال الخطأ في تسجيل الأحوال المحورية أو النصف قطرية الناتج عن خطأ في تسجيلات القياسات الكهربائية للجهد حوالى $\pm 5\%$. وهى القيمة العملية المقبولة (شكل ١٦) .

وفي التجارب التي أجراها المؤلف (بطرس) على عمليات كي كل من المواسير الألمنيوم والصلب الطري أمكن تحديد معاملات الاحتكاك كالتالي :

جدول رقم (١)

معاملات الاحتكاك في بعض عمليات تشكيل المعادن

المصدر	نوع الاختبار	الحالة	معامل الاحتكاك
بودن (١٤)	جسمان مستويان مرتان منزلقان	مواد تزييت صلبة وسائل	٠.٨ ر. فما فوق
فورستر (١٥)	جسمان مقعران مرتان ومنزلقان	مواد تزييت صلبة وسائل	٠.٩ ر. حتى ٠.٢ ر.
ماكايان (١٦)	سحب الأسلاك	تجارب متعددة	٠.٥ ر. حتى ٠.١٢ ر.
فورد وأليس (١٧)	درفلة على البارد	صلب ونحاس على صلب	٠.٤ ر. حتى ٠.٨ ر.
بارون وطمسون (١٨)	سحب الأسلاك	محلول صابون	٠.٣ ر. حتى ٠.٩ ر.
واطس وفورد (١٩)	ضغط عدل	أسطح مصقولة	٠.١٥ ر. حتى ٠.٥ ر.
ويستريخ (٢٠)	سحب الأسلاك	نحاس أخمر على صلب عدة — مواد تزييت سائلة	٠.٢ ر. حتى ٠.٣ ر.
ميجر (٢١)	سحب الأسلاك	صلب على صلب تنجستن أو على صلب وألومنيوم على صلب	٠.٤ ر. حتى ٠.١٦ ر. فما فوق
ساخس (٢٢)	سحب المواسير	نحاس أصفر على صلب صلب فخر على صلب	٠.٣ ر. حتى ٠.٦ ر. ٠.٤ ر. حتى ٠.٦ ر.
سويفت وبرجز (٢٣)	ثنى في عمليات سحب	ثنى صلب طرى على الناشف ثنى صلب طرى مع مادة تزييت ثنى ألومنيوم على الناشف ثنى ألومنيوم مع مادة تزييت	٠.١١٧ ر. حتى ٠.١٢٧ ر. ٠.٠٤ ر. حتى ٠.٠٧٨ ر. ٠.٠٧٦ ر. حتى ٠.١٠٦ ر. ٠.٢٧ ر. حتى ٠.٢٩ ر.
برجز وسويفت (٩)	كي الفناجيل المعدنية	صلب على صلب مع مادة تزييت جرافيت مع الشمع	فرضت ٠.١٣٥ ر.
سويفت (٥)	سحب المواسير فارغة	ألومنيوم أو صلب على صلب (مع فرض معامل الصلادة = ١)	فرضت ٠.٢٧ ر.

ما يخص الموضوعات
بالقسم الانجليزي

طريقة تحليلية جديدة للتعبير رياضياً

عن فواحي المحرك شراجا

للكيوتو المهندس محمد مهدي الفري
والدكتور المهندس أحمد عيسى

وقد نتج عن هذا التصور الجديد ، تبسيط النظرية التحليلية
للمحرك ، كما أمكن بواسطته تفادي الفروض التقريبية التي
ترتكز عليها الطرق التحليلية الأخرى لهذا المحرك

كما يقدم البحث مقارنة بين نتائج هذه النظرية والقياسات
العملية على أحد المحركات من هذا النوع . عن طريق
منحنين بيانيين للمحرك لسرعتين أقل وأكبر من السرعة
المنزمنة . وثبتت هذه المقارنة اتفاق جيد بين النتائج العملية
والنتائج التي تؤدي لها هذه النظرية الجديدة .

يقدم هذا البحث طريقة تحليلية جديدة للتعبير رياضياً
عن نظرية المحرك المعروف باسم شراجا . وهذه الطريقة
مبنية على اعتبار المحرك تسعة دوائر كهربية منفصلة ، كل
منها مرتبطة بالأخرى مغناطيسياً ، ثم التعبير بالمعادلات
التفاضلية الآتية عن هذه الدوائر التسع . وعند وضع هذه
المعادلات التفاضلية ، يستعاض عن الملفات المتصلة بعضو
التوحيد بثلاث دوائر كهربية مستقلة سميت « الدوائر
المكافئة للملفات عضو التوحيد » ، وهذه الدوائر الثلاث
المكافئة لها معامل حيث يتغير بتغير معامل الإنزلاق للمحرك .

التوزيع القطري لمقدار

الخطوة والانحناء لمقاطع ريش الرفاصات البحرية

للككتور المهندس **فؤاد برهجت**

أستاذ الهندسة البحرية وبناء السفن المساعد

جامعة الاسكندرية

النظرية التي تأخذ في اعتبارها أن أجنحة الرفاصات البحرية عريضة وهو ما يعبر عنه كذلك بالانحناء المائي — ولقد أعطى في هذا القسم شرح مقتضب لمختلف طرق التصميم التي تعرض لها هذا البحث وهي طريقة ليربز — لودفيج — جنزل ، وطريقة (ب) ، وطريقة (ب) المبسطة وكذلك طريقة بارل .

أما القسم الثالث فقد اختص بالحساب والتطبيق للنظريات والطرق السابقة في حالة ثلاث رفاصات بحرية مختلفة . وقد قورنت النتائج بعضها البعض ونوقشت في الحالة الخاصة بدخول المياه لمقاطع الريش بدون صدمة . وقد أخذ في الاعتبار أن الخط الذي يصل مقدم مقطع الريشة بنهايتها هو خط الأساس للمقارنة — وأخيراً فقد قورنت النتائج التي حصلنا عليها من تطبيق الطرق والنظريات السابقة فيما يختص بالنسبة بين الانحناء المستنتج والميل المستنتج لكل مقطع من مقاطع ريش الرفاصات الثلاث السابقة .

يختص هذا البحث بتحديد مقدار الخطوة والانحناء قطعياً على مقاطع ريش الرفاصات البحرية . وقد قسم هذا البحث إلى ثلاث أقسام رئيسية :

فالقسم الأول يختص بنظرية « خط الرفع » والمعادلات المختلفة التي توصل إليها بعض الباحثين لتعيين مقدار كل من الخطوة الأساسية وكذلك مقدار الانحناء الأساسي وتوزيع ذلك قطعياً على طول جناح الرفاص .

هذا ويقترح الباحث هنا معادلة بسيطة يمكن عن طريقها تحديد مقدار الخطوة الأساسية وتوزيعها قطعياً للرفاصات التي تعمل في محال مائي متغير . وقد طبقت تلك المعادلة والمعادلات الأخرى المعروفة على حالي رفاصين مختلفين .

ويختص القسم الثاني بنظرية « مسطح الرفع » وهي

العمليات الرياضية

بطريقة إلكترونية مبسطة

دكتور مهندس فرانسوا برهان

الفرق بين الجهدين V_1 ، V_2 أى $V_1 - V_2$ — لوص أى
لوص ويشير إلى قيمة V

وقد نفذت الدائرة بطرق معدلة لدفع أى رقم إلى اس
ولقراء الجذر النوني لأى رقم باستخدام مقويات التيار
المستمر .

وللطريقة المبسطة المذكورة مميزات إمكان عمل التجارب
المستقبلية عليها الموضحة فيما يلي :

١ - إضافة مقاومات متغيرة كأذرع للدائرة لإجراء
عمليات حسابية لمتغيرات أكثر .

٢ - استعمال المقاومات المتغيرة متعددة الدورات مع
فولتметр حساس لزيادة دقة القراءات بدرجة عالية .

٣ - استخدام مقاومات متغيرة متحدة المحور ولها
تدرج واحد للمتغيرات التابعة .

٤ - استعمال مقاومات ذات تغير لوغاريتمى مما يتيح
استخدام تدرج منتظم بما له من مميزات .

٥ - إتمام عمليات توصيل الدوائر بطريقة أوتوماتيكية
مما يزيد من إمكانيات استخدامها .

ويتضح أن الفكرة في أساسها هي جمع وطرح جهود
كهربائية وتحويلها لعمليات ضرب وقسمة وأسس وجذور
باستخدام مقاييس لوغاريتمية ، مما يتيح سهولة استخدامها
على نطاق عمليات رياضية معقدة .

بالرجوع إلى نظرية المسطرة الحاسبة الميكانيكية ، أمكن
وضع تصميم دوائر لفكرة جديدة مبسطة لإجراء عمليات
الضرب والقسمة وبالتالي عمليات الرفع إلى الأسس وأخذ
الجذور لأى عملية رياضية ، وذلك باستخدام مقاومات
متغيرة وأجهزة قياس ومقويات إلكترونية بسيطة على أن
تدرج المقاومات وأجهزة القياس بطريقة خاصة لتقرأ ناتج
العملية الرياضية مباشرة .

والفكرة الأساسية المبسطة هي استخدام مقاومتان
متغيرتان (من السلك الذى يعطى تناسب خطى ثابت بين
قيمة التغير الحركى للمقاومة ومقدار التغير في قيمتها) —
مدرجتان تدريجياً لوغاريتمياً ، ليكونا الذراعين المتغيران من
دائرة جسر مع بطاريتين وفولتметр صمماى مدرج تدرج
لوغاريتمى أيضاً .

فإذا أردنا ضرب كيتين V_1 ، V_2 مثلاً — فنضبط قيمة
المقاومة المتغيرة الأولى على قيمة V_1 لتعطى الجهد V_1 =
لوص على طرف الفولتметр المتصل بها — كما نضبط المقاومة
المتغيرة الثانية على قيمة V_2 لتعطى الجهد V_2 = لوص على
الطرف الآخر للفولتметр — وبذلك يقرأ الفولتметр $V_1 + V_2$ =
لوص أى يقرأ قيمة لوص $V_1 \times V_2$. وحيث أن تدرج
الفولتметр لوغاريتمى فإنه يشير مباشرة إلى قيمة $V_1 \times V_2$.

ويمكن للدائرة المبسطة أن تقوم بعملية قسمة أيضاً عن
طريق عكس طرفي أحد البطاريتين وإذا ذاك يقرأ الفولتметр

استخدام النماذج الرملية في بحث مسائل حركة المياه الجوفية

للككتورالرينس محمد صالحين

المدرس بقسم الري والأيدروليكا
كلية الهندسة — جامعة القاهرة

مبنياً على أساس النظريات الخاصة بحركة المياه في التربة كذلك ينبغي معرفة الاشتراطات الحدية من الطبيعة لإدخالها في النموذج ويفضل تحليل النتائج التي يحصل الباحث عليها من التجارب على النموذج في ضوء النظريات المعروفة ما أمكن إلى ذلك سبيلاً . ومع كل هذا فقد أدى استعمال النماذج العملية إلى حل كثير من المسائل المتعلقة بحركة المياه الجوفية لم يمكن حلها من قبل بأي طريقة أخرى .

والنماذج أما أنها صورة مصغرة من الطبيعة كما هو الحال في النماذج الرملية أو مبنية على أساس التماثل بين حركة المياه الجوفية في مسام التربة ونظريات الحركة الأخرى مثل سريان الحرارة أو التيار الكهربى في المواد الموصلة أو إنشاء الأغشية الرقيقة أو حركة الموائع اللزجة في القنوات الرفيعة ، كما أنه يجوز الجمع بين أكثر من تماثل واحد في نموذج واحد .

من المعروف أن عدداً كبيراً من المسائل المتعلقة بحركة المياه الجوفية في خلايا التربة يمكن حلها أما بالطرق النظرية وأما بالطرق العملية أو بالإثنين معاً .

فالطرق النظرية أو التحليلية تتضمن تحليل حركة المياه تحليلاً رياضياً مضبوطاً أو تحليلاً تقريبياً كما تتضمن الحل البياني . وعلى الرغم من نجاح هذه الطرق في حل بعض المسائل إلا أنها لم تنجح بعد في حل البعض الآخر .

كذلك فإن بحث أى مسألة خاصة بحركة المياه الجوفية في التربة على الطبيعة يقتضى عادة وقتاً طويلاً ، وفي كثير من الأحوال لا يتم البحث على النحو المطلوب لما قد يتكلفه ذلك من مبالغ طائلة . لذا فإن أسرع الطرق وأقلها تكلفة هي الطريقة العملية وفيها تدرس أى مسألة على نموذج ذى مقياس مصغر ، غير أنه يجب أن يكون مفهوماً أن إنشاء أى نموذج وتحديد مقاييسه بل وتشغيله لا بد وأن يكون

INDUSTRIAL WASTES

by

Eng. RIZK EL SHINNAWY

The development of industry in any country is the natural outcome of civilization and its demand for a high standard of living. Therefore, many factories had been established, and several industries had been introduced in the U.A.R. during the last 12 years of the Egyptian Revolution. It is the general policy of the government, for financial and economical considerations, that our local products must cover most, and if possible all, our requirements in the fields of science, economy, militancy, etc... As we shall continue to have more products of civilization and to develop more and more industries, we shall have to suffer more and more of industrial wastes.

The industrial wastes can take one of the three forms: solid, liquid, and gaseous, and sometimes the three forms together.

Although the main idea of this article is to deal with liquid wastes, a brief discussion of solid and gaseous wastes will be of some interest. From the research, it will be seen that

any discharge from an industrial plant into a stream, which in any way interferes with the normal use of the stream by the neighbouring cities, or interferes with the processes of other industries, or affects in any way the life, health, and well-being of the people, use of the stream, requires treatment to remove the destructive or polluting element. In this research, the following main points have been discussed:

1.—Review of the most important industries from the waste view point, and their pollutional effect.

2.—Harmful effects of industrial wastes on streams and sewerage systems.

3.—Methods of waste treatment: physical, chemical, and biological; with illustrative examples.

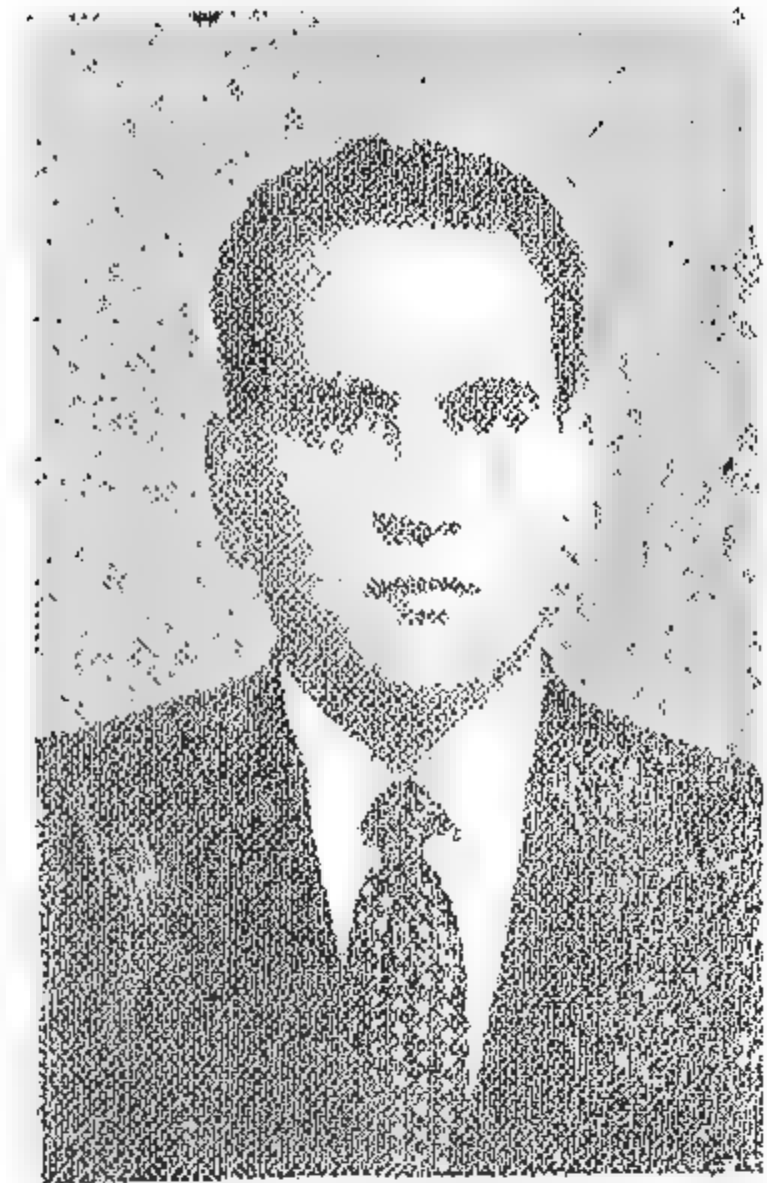
4.—Clarified effluent disposal.

5.—Classification of industries and proposed methods of treatment.

**SYNOPSIS OF THE SUBJECTS PUBLISHED
IN THE ARABIC SECTION**

Dr. ELSAYED M. BADAWEY

- B.Sc. Mechanical Engineering, Alexandria University, 1951.
- M.Sc. Mechanical Engineering, Alexandria University, 1954.
- Ph.D. Mechanical Engineering, University of Minnesota, U.S.A., 1959.
- Member of the Egyptian Society of Radioactive Isotopes.
- Lecturer of Machine Design and Theory of Machines, Department of Mechanical Engineering, Alexandria University.



Eng. RIZK EL SHINNAWEY

- B.Sc. Civil Engineering, Cairo University, 1956.
- Diploma of Sanitary Engineering, Delft Technological University, Holland, 1961.
- Member of the International Society of Hydraulic Engineering, Holland.
- Lecturer in Municipal Engineering, Faculty of Engineering, Assiut University.
- In charge of the Testing Office of the Sewage Department, Cairo Municipality.



ABOUT THE AUTHORS

Dr. M. G. EL-MAGHRABY

- B.Sc. (Hons.), Electr. Eng. 1944, Cairo University.
- Dr. Sc. Tech., E.T.H., Zurich, 1948.
- Author of several published articles in the field of electrical machines.
- Ass. Prof. at the Electrical Dept., Faculty of Engineering, Cairo University.



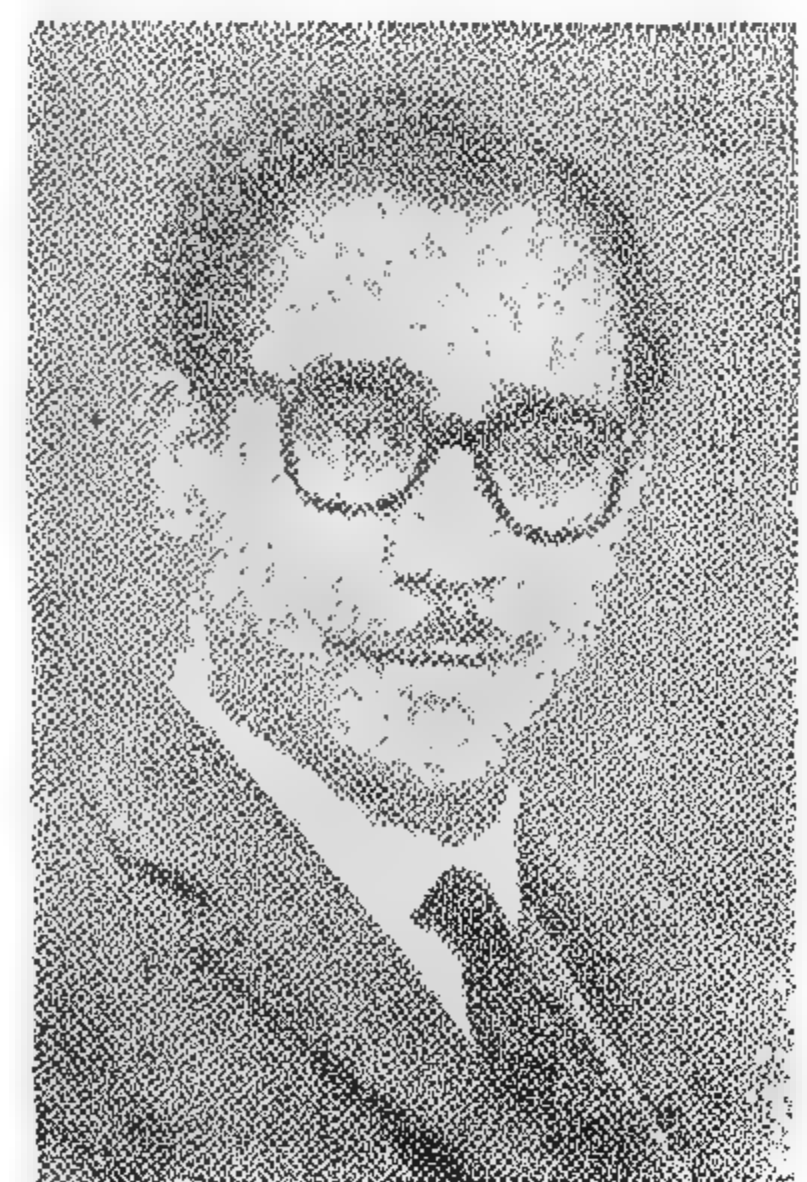
Dr. FARID M. BADRAN

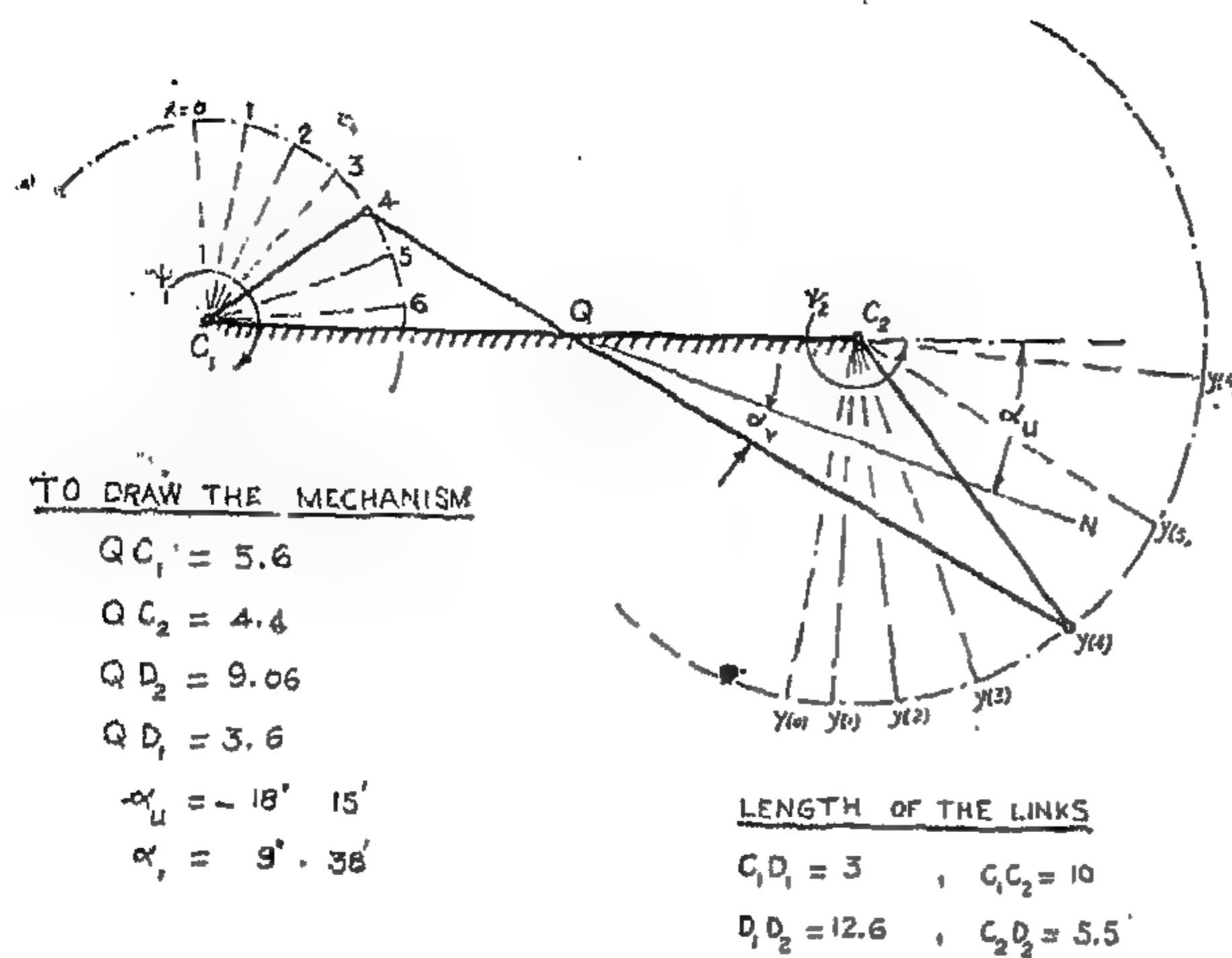
- B.Sc. Elect. Eng. Cairo University, 1952.
- Ph.D. Automatic Switching, Technical University of Berlin, 1959.
- Specialized in Modern Telegraph Techniques in the works of Siemens & Halsko AG., in Germany.
- He works since 1962 as Lecturer in the Electrical Department of the Faculty of Engineering, Cairo University.



Dr. MAMDOUH SHAHIN

- B.Sc. Civil Eng. 1952, Cairo University.
- M.Sc. Irrig. Eng. 1955, Cairo University.
- Diplomas of Higher Studies in Irrig., Hydr. and Soil Mechanics, Cairo and Delft Universities.
- Ph.D. Irrig. Eng. 1959, Cairo University.
- Research Engr. with the Zuiderzee Works Authority, the Netherlands, 1962-1963.
- Lecturer, Faculty of Engineering, Cairo University.



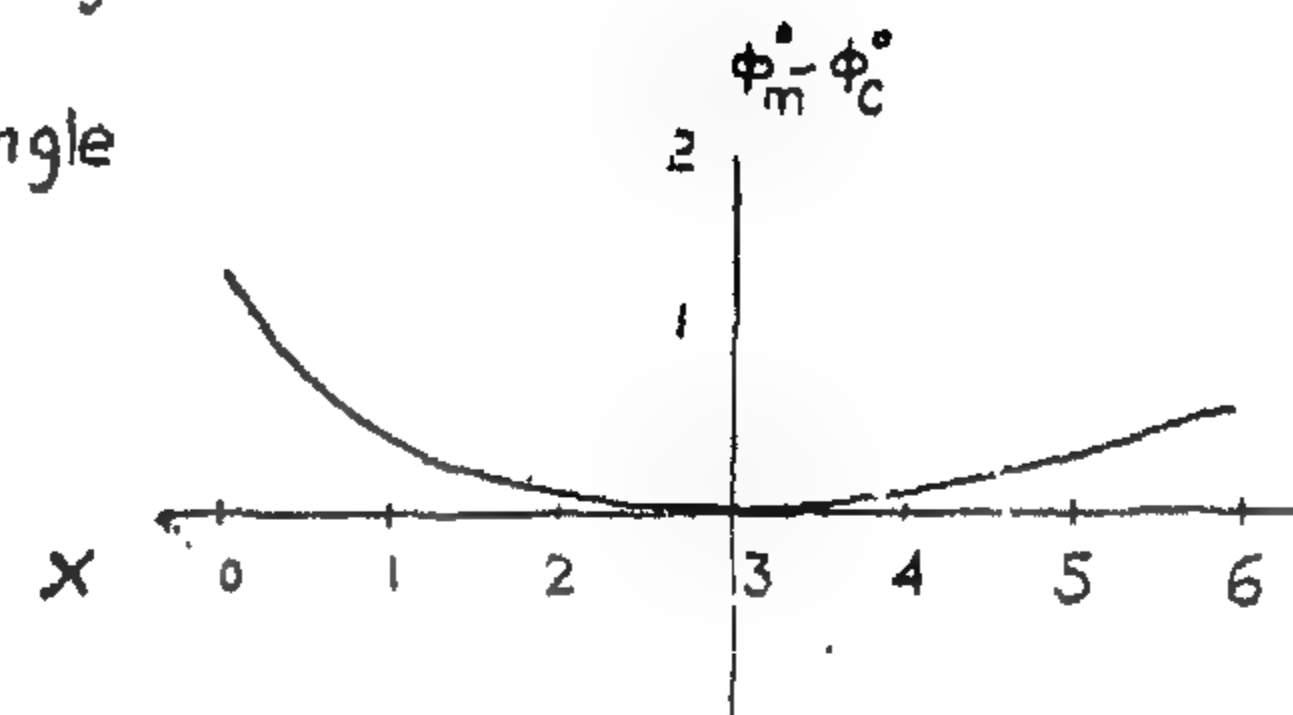


(FIG. 5) MECHANISM TO GENERATE THE FUNCTION

$$y = -\frac{x}{8}(x+2) \quad 0 < x < 6$$

$$0 < \psi_1 < 90^\circ$$

$$0 < \psi_2 < 90^\circ$$

 ϕ_m = measured angle ϕ_c = correct angle

(FIG. 6) ERROR CURVE

Conclusion

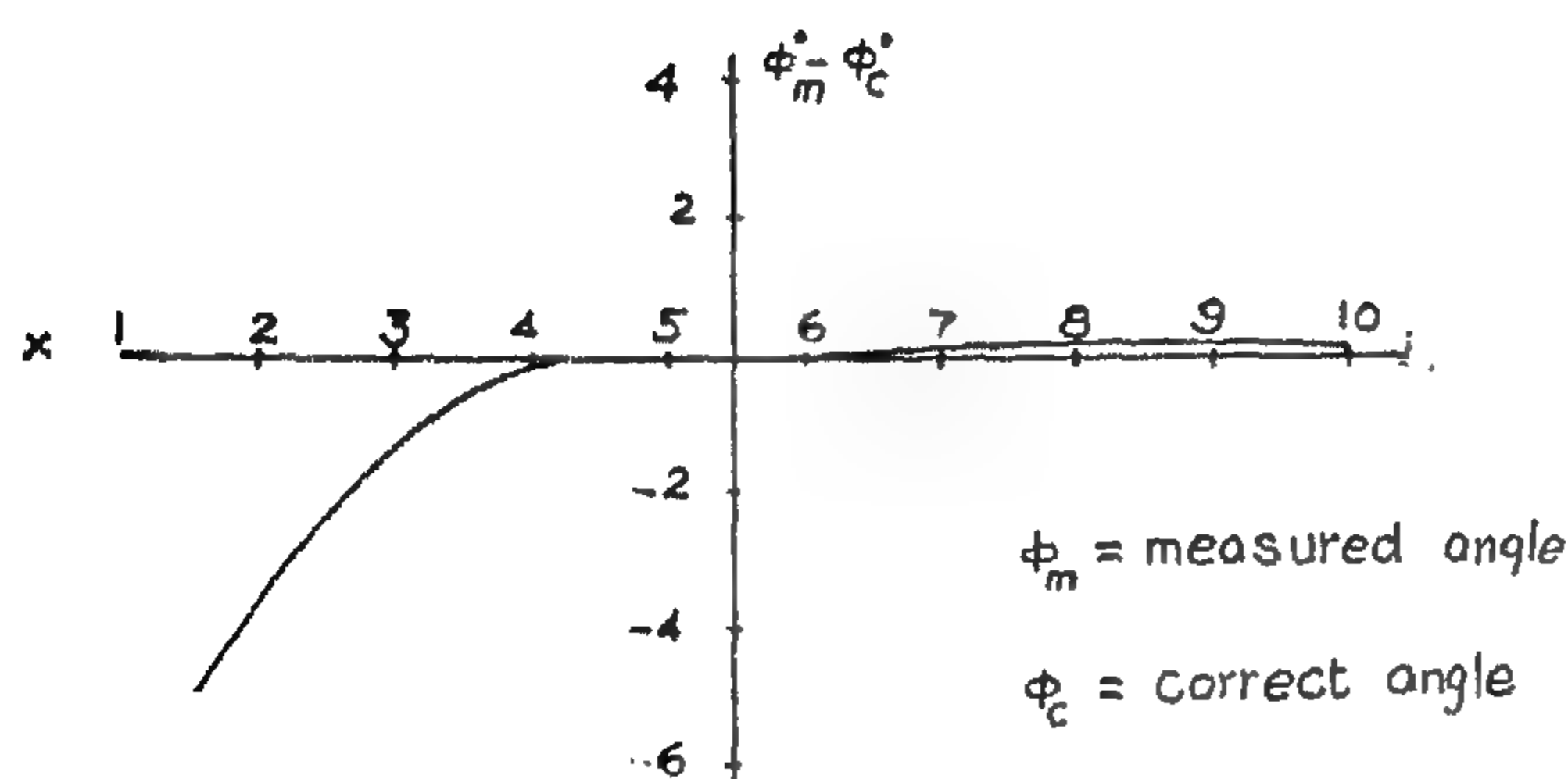
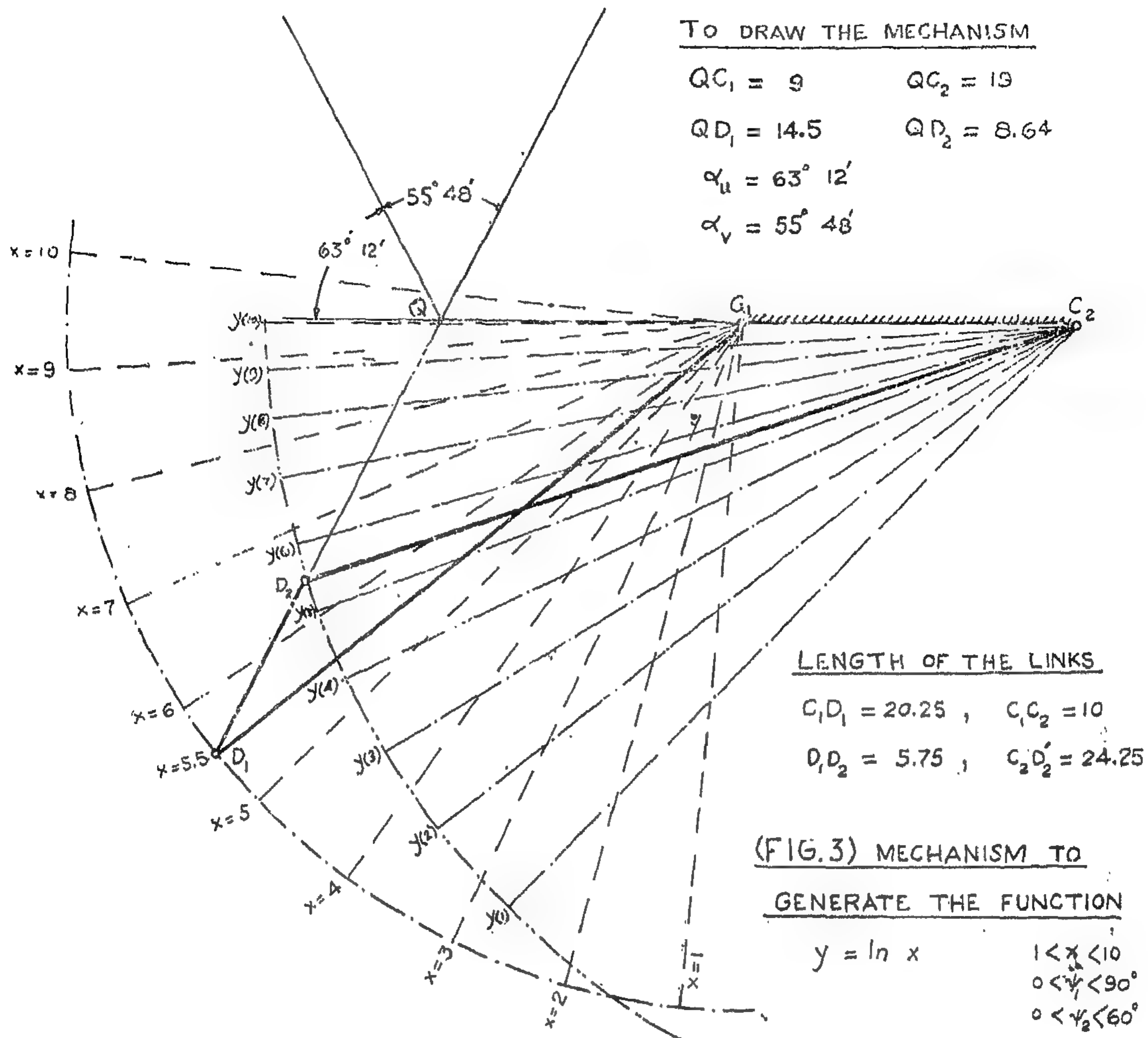
Earlier investigators (ref. 4) have solved similar problems using fourth order and four point approximations using Freudenstein equation (ref. 5). A better solution was obtained here by using the fifth order approximation. If the scales associated with the crank displacements are left as unknowns then a seventh order approximation may be possible.

Acknowledgement

The author is indebted to Prof. Dr. M. N. Aref, Department of Mechanical Engineering, University of Alexandria, for consultation during the preparation of this paper.

REFERENCES

1. Svoboda, A., "Computing Mechanisms and Linkages", Mc-Graw Hill Book Company, New York, 1948.
2. Sieker, K. H., "Ermittlung von Gelenkvierecken aus den Krümmungshalbmessern der Polbahnen und deren Anwendungen. Z. die Technik", Vol. 3 (1948), pp, 170-174.
3. Wolford, J. C., "Product Engineering", October 1955.
4. Hall, A. S. Jr., "Kinematics and Linkage Design", Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1961.
5. Freudenstein, F., "Approximate Synthesis of Four Bar Linkages", Trans. ASME, Aug. 1955, pp. 853-861.



(FIG.4) ERROR CURVE

Let $u_{12} = 1$ (to be multiplied later by a factor to get a suitable mechanism).

Substituting in equations 2.1 to 2.12, we have

$$u_1 = -0.55556$$

$$u_2 = 0.44444$$

$$\tan \alpha_u = -0.33953$$

$$\text{therefore } \alpha_u = -18^\circ 15'$$

$$\delta = \pm 0.26076$$

$$\theta_1 = 1.60523$$

$$\theta_2 = -1.39477$$

$$d\delta/ds = \mp 0.09229$$

Check sign of δ using equation 2.8

$$\text{therefore } \delta = -0.26076$$

$$\text{and hence } d\delta/ds = +0.09229$$

$$d\theta/ds = -0.87230$$

$$d^2\delta/ds^2 = -0.15546$$

$$\tan \alpha_v = 0.16981 \text{ therefore } \alpha_v = 9^\circ 38'$$

$$v_1 = -0.358$$

$$v_2 = 0.906$$

The mechanism is shown in fig. 5 and the error curve is shown in fig. 6.

$$\frac{1}{v_1} = \frac{1}{3\delta} \left[\frac{\Theta_1}{\cos \alpha_v} + \frac{d\delta}{ds} \frac{1}{\sin \alpha_v} \right] \quad \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\frac{1}{v_2} = \frac{1}{3\delta} \left[\frac{\Theta_2}{\cos \alpha_v} + \frac{d\delta}{ds} \frac{1}{\sin \alpha_v} \right] \quad \dots \dots \dots (2.12)$$

Referring now to fig. 2, the mechanism can be drawn.

Example No. 1

Let it be required to design a four bar mechanism to mechanize the logarithmic function

$$y = \ln x \quad 1 < x < 10$$

The crank associated with x is to rotate 90° and that associated with y is to rotate 60° . High precision is desired near $x = 5.5$

The scales k_x and k_y may be chosen as follows:

$$k_x = \Delta x / \Delta \psi_1, \quad k_y = \Delta y / \Delta \psi_2$$

$$k_x/k_y = (\Delta x / \Delta y) (\Delta \psi_2 / \Delta \psi_1)$$

$$\text{and in the limit we have } d\psi_2/d\psi_1 = (k_x/k_y) dy/dx$$

$$\begin{aligned} \psi'' &= \frac{k_x}{k_y} \frac{d}{d\psi_1} \left(\frac{d_y}{d_x} \right) = \frac{k_x}{k} \frac{d^2 y}{d_x^2} \frac{d_x}{d\psi_1} = \\ &= \frac{k_x^2 d^2 y}{k_y d_x^2} \text{ etc.} \end{aligned}$$

$$k_x = \Delta x / \Delta \psi_1 = (10 - 1)/(\pi/2) = 5.72960$$

$$k_y = \Delta y / \Delta \psi_2 = (\ln 10 - \ln 1)/(\pi/3) = 2.19881$$

at $x = 5.5$ and taking k_y positive which means that the driving and driven cranks will rotate in the same direction, we have

$$\psi' = (k_x/k_y) x^{-1} = 0.47378$$

$$\psi'' = (k_x^2/k_y) (-x^{-2}) = -0.49355$$

$$\psi''' = (k_x^3/k_y) (2 x^{-3}) = 1.02832$$

$$\psi'''' = (k_x^4/k_y) (-6 x^{-4}) = -3.21373$$

Let $u_{1,2} = 1$ (to be multiplied later by a factor to get a suitable mechanism)

Substituting in equations 2.1 to 2.12, we have

$$u_1 = 0.90031 \quad u_2 = 1.90031$$

$$\tan \alpha_u = -1.98046$$

$$\text{therefore } \alpha_u = -63^\circ 12'$$

$$\delta \pm 3.76909$$

$$\Theta_1 = 1.38582 \quad \Theta_2 = -1.61418$$

$$d\delta/ds = \mp 8.48534$$

Check sign of δ by substituting in equation 2.8 therefore $\delta = + 3.76909$

$$\text{and hence } d\delta/ds = -8.48534$$

$$d\Theta/ds = 0.42316 \quad d^2\delta/ds^2 = 14.50819$$

$$\tan \alpha_v = 1.47163 \quad \text{therefore } \alpha_v = 55^\circ 48'$$

$$v_1 = 1.45 \quad v_2 = 0.864$$

The resultant mechanism is shown in fig. 3 and the error curve is shown in fig. 4.

Example No. 2

Let it be required to design a four bar mechanism to generate the following function

$$y = -\frac{x}{8} (x + 2)$$

with high precision near the point $x = 4$. Both cranks associated with x and y are to rotate through 90° .

$$k_x = \Delta x / \Delta \psi_1 = (6 - 0)/(\pi/2) = 3.81972 \text{ units/radian}$$

$$k_y = \Delta y / \Delta \psi_2 = (-6 - 0)/(\pi/2) = -3.81972 \text{ units/radian}$$

therefore $k_x/k_y = -1$ and the cranks will rotate in opposite directions and that takes care of the sign in the generated function.

$$\psi' = (k_x/k_y) (x + 1)/4 = -1.25.$$

$$\psi'' = (k_x^2/k_y) (1/4)$$

$$\psi''' = 0$$

$$\psi'''' = 0$$

of as attached rigidly to all the four links of the mechanism, and their profiles determine the relative motion between the links. The polodes remain invariant under kinematic inversion. The symbols u and v may therefore be interchanged in the equations developed with the results given in table 1.

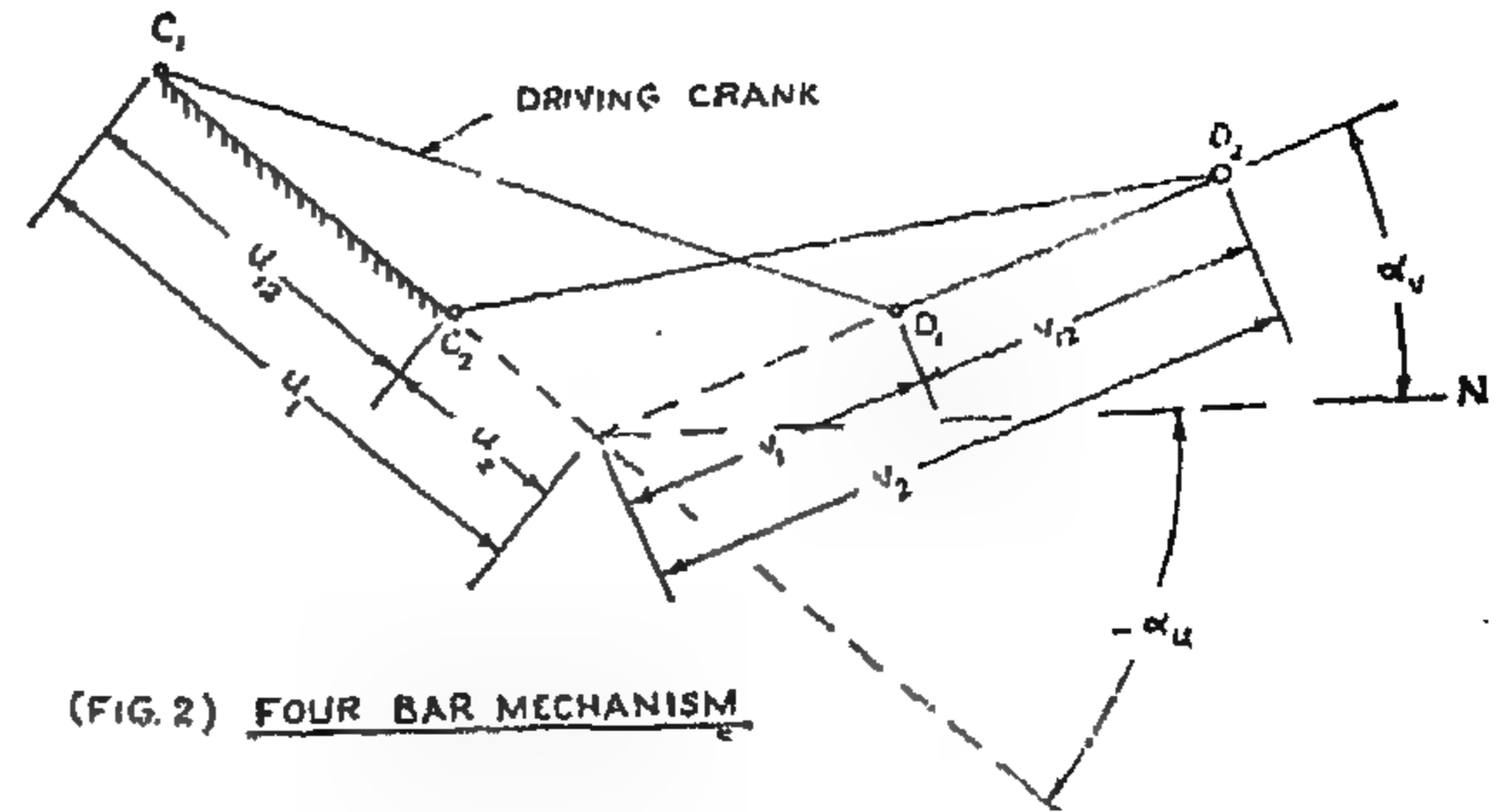


TABLE 1

$$u_1 = \frac{u_{12} \psi'}{1 - \psi'} \quad \dots \dots \dots (2.1)$$

$$u_2 = \frac{u_{12}}{1 - \psi'} \quad \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\tan \alpha_n = \frac{\psi''}{\psi' (1 - \psi')} \quad \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\frac{1}{\delta} = \pm \frac{(1 - \psi')^3}{u_{12} \sqrt{\psi'^2 (1 - \psi')^2 + \psi''^2}} \quad \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\Theta_1 = \frac{\psi'^2 (1 - \psi') (2 - \psi') + 3 \psi''^2 - \psi' \psi'''}{\psi'^2 (1 - \psi')^2 + \psi''^2} \quad \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\Theta_2 = \Theta_1 - 3 \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\frac{d\delta}{ds} = \delta \sin \alpha_n \left[\frac{\Theta_1}{u_2} - \frac{\Theta_2}{u_1} \right] \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

Check sign of δ according to the following equation

$$\frac{1}{u_1} = \frac{1}{3\delta} \left[\frac{\Theta_1}{\cos \alpha_n} + \frac{d\delta}{ds} \frac{1}{\sin \alpha_n} \right] \quad \dots \dots \dots (2.8)$$

$$\frac{d\Theta}{ds} = \frac{\tan \alpha_n}{\delta} \left[2 \Theta_1 \Theta_2 + \frac{\psi'^2 \{4(1 - \psi')^2 - \psi'\} + 5 \psi' \psi''' - \frac{\psi'^2 \psi'''}{\psi''}}{\psi'^2 (1 - \psi')^2 + \psi''^2} \right] \quad \dots \dots (2.9)$$

Let $\alpha = \alpha_n$ and solve the following equation

$$\left(\frac{d\delta}{ds} \right)^2 - (\Theta_1 + \Theta_2) \frac{d\delta}{ds} \tan \alpha + \left[2 \left(\frac{d\delta}{ds} \right)^2 - 3 \delta \frac{d^2 \delta}{ds^2} \right] \tan^2 \alpha \dots \dots \dots (2.10)$$

$$- 3 \delta \frac{d\Theta}{ds} \tan^3 \alpha + \Theta_1 \Theta_2 \tan^4 \alpha = 0$$

Solve for $\tan \alpha = \tan \alpha_v$

Calculate v_1 and v_2 from the following equations

segments into which the line of transmission cuts the line of centers. Let

ψ_1, ψ_2 = angular displacements of roll curves or levers number 1 and 2 respectively, measured clockwise from the reference position

→

$$u_1 = QC_1$$

→

$$u_2 = QC_2 \text{ and}$$

→

$$u_{12} = C_1 C_2$$

The centers of curvature of the contacting profiles at Q are located at M_1 and M_2 , with radii of curvature $\mathcal{J}_1 = M_1Q$ and $\mathcal{J}_2 = M_2Q$. The characteristics of the motion of the roll curves in five infinitesimal positions are: \mathcal{J}_1 , \mathcal{J}_2 , $d\mathcal{J}_1/ds$, $d\mathcal{J}_2/ds$, $d^2\delta/ds^2$ where s denotes arc length along roll curves measured from Q and δ is the diameter of the inflection circle. The study of these quantities is carried out in steps in order that the motion can be replaced by a motion kinematically equivalent to the fifth order. It is assumed that a functional relationship such as $\psi_2 = f(\psi_1)$ exists between the roll curves, thus we have the following definitions

$$\psi' = d\psi_2/d\psi_1, \quad \psi'' = d^2\psi_2/d\psi_1^2 \text{ etc...}$$

also $u_1 = u_1(\psi_1)$, $u_2 = u_2(\psi_2)$ define equations for contacting profiles of roll curves in polar coordinates. The values of the radii of curvature \mathcal{J}_1 and \mathcal{J}_2 at Q are found using the general formula for the radius of curvature in terms of the polar coordinates (r, ψ)

$$\frac{1}{\mathcal{J}} = \frac{r^2 + 2\left(\frac{dr}{d\psi}\right) - r \frac{d^2r}{d\psi^2}}{\left[r^2 + \left(\frac{dr}{d\psi}\right)^2\right]^{3/2}}$$

Substituting \mathcal{J}_1 and \mathcal{J}_2 in the Euler-Savary equation and assuming that δ is finite then

$$\frac{1}{\delta} = \pm \frac{(1 - \psi')^3}{\psi'^2 (1 - \psi')^2 + \psi''^2} \quad (1.1)$$

At this step the suitable sign for \mathcal{J}_1 , \mathcal{J}_2 and δ must be decided upon and the same sign for the square root must be used. \mathcal{J}_1 and \mathcal{J}_2 may be written in the form

$$\frac{1}{\mathcal{J}_1} = \frac{1}{\delta} (\Theta_1 - 1) \quad (1.2)$$

$$\frac{1}{\mathcal{J}_2} = \frac{1}{\delta} (\Theta_2 + 1) \quad (1.3)$$

where

$$\Theta_1 = \frac{\psi'^2 (1 - \psi') (2 - \psi') + 3\psi''^2 - \psi'\psi'''}{\psi'^2 (1 - \psi')^2 + \psi''^2} \quad (1.4)$$

$$\Theta_1 = 3 + \Theta_2 \quad (1.5)$$

and thus $d\Theta_1/ds = d\Theta_2/ds = d\Theta/ds$

The angles α_u is defined as the angle between QN and QC_1 measured clockwise from QN to QC_1

$$\text{therefore } \tan \alpha_u = \frac{1}{u_1} du_1/d\psi_1 = \frac{1}{u_2} du_2/d\psi_2$$

Differentiating equation 1.4 with respect to s and making the necessary substitutions, then

$$\frac{d\delta}{ds} = \frac{\tan \alpha_u}{\delta} \left[2\Theta_1\Theta_2 + \frac{\psi'^2 \{4(1 - \psi')^2 - \psi'\} + 5\psi''^2\psi''' - \frac{\psi'^2\psi''''}{\psi''}}{\psi'^2 (1 - \psi')^2 + \psi''^2} \right]$$

This equation can be differentiated and $d^2\delta/ds^2$ can be obtained and thus providing us with the values necessary for the kinematic equivalence.

2. Relative motion of the cranks of a four bar mechanism. Five Infinitesimal Positions.

A four bar mechanism is shown in fig. 2, with the quantities u_1 , u_2 , u_{12} , and α_u indicated. The two roll curves or the polodes are considered as attached to the cranks C_1D_1 and C_2D_2 . Such roll curves may be thought

FOUR BAR FUNCTION GENERATORS

by

Dr. E. M. BADAWY, M.Sc., Ph.D.,

*Lecturer of Machine Design and Theory of Machines,
University of Alexandria.*

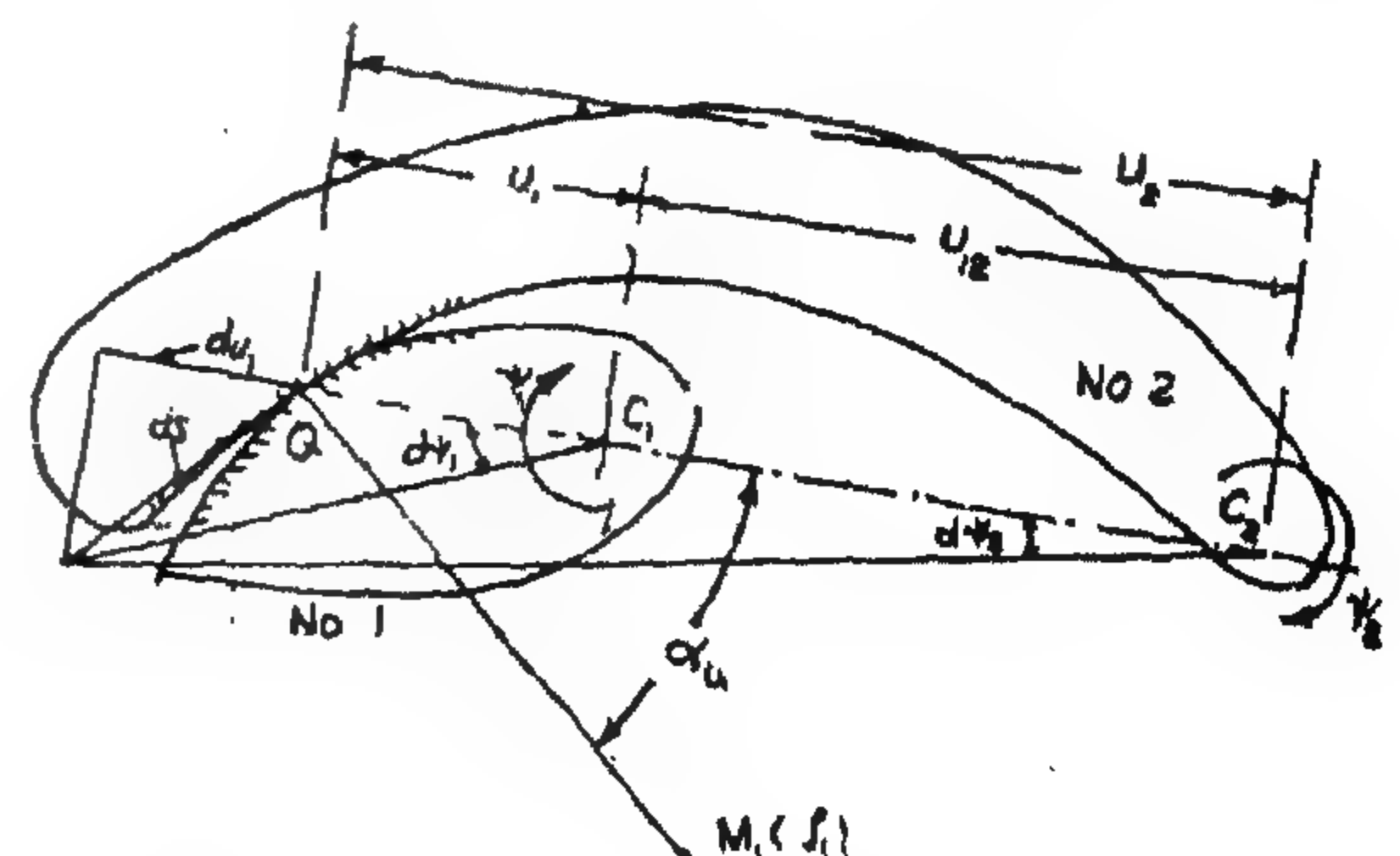
INTRODUCTION.

It had been the common practice of early designers to find a suitable mechanism to satisfy their needs by trial and error and intuition. That was how James Watt discovered his simple mechanism for approximate straight line motion. However, this process was time consuming and in many cases did not lead to the proper solution. Hence efforts were directed towards mathematical investigation. Furthermore, the mathematics of some problems in synthesis were formidable and became more and more complicated as the number of links increased. With the help of computers however, there is a new trend in analytical methods of synthesis. Then there is need of function generating mechanisms, for example, a mechanism whose input angle is proportional to the sine, tangent or logarithm of the output angle. In recent years much consideration has been given to the four linkage as function generators to match an arbitrary function to be generated, at certain number of precision points usually five or less. Two cases of design arise in reference to the relative motions of the cranks. If interest is centered on the time derivatives of the angular positions then the mechanism is proportioned to satisfy certain angular positions, velocities and accelerations. In case of mechanizing an arbitrary function between two variables, the derivatives with respect to the input crank angle are used. Both designs are of great practical significance due to the fact that they are light and comparatively friction free. This is besides their low manufacturing costs.

Svoboda (ref. 1) presented the first contribution to the method of measuring output-input relations for four bar linkages. Also, Sieker (ref. 2), followed by Wolford (ref. 3) gave a use of the relative angular motion of three planes in five infinitesimal positions. In the following a method of mechanizing a four bar linkage is presented together with the design of mechanisms to generate two functions.

1. Relative Motion of Three Planes

The different terms used to distinguish the different types of motion may be defined as ; relative motion of a moving point relative to a moving plane, vehicular motion of a moving plane with respect to a fixed plane and absolute motion of a moving plane with respect to a fixed plane and absolute motion of a moving point with respect to the fixed plane. A motion of practical importance is the relative angular motion of two roll curves having contact at point such as Q (fig. 1). For pure rolling Q must lie on the line of centers $C_1 C_2$. The contact radii are equal to the



(FIG. 1)

ROLL CURVES IN PLANE MOTION

percentage nitrogen in amylose nitrate	Internal energy (Q) calories per gram	Ratio of mean specific heats at constant pressure and constant volume of gas complex (8)	Velocity of detonation meters per second	
			Calculated	Measured
11.5	775.05	1.2415	1930	1900
12.2	872.91	1.2358	2020	2040
12.6	928.83	1.2323	2070	2055
13.0	984.75	1.2291	2110	2100
13.15	1005.72	1.2277	2130	2140
13.5	1054.65	1.2246	2170	2185

The authors' approach using the Hirschfelder approximation constant gives striking resemblance between measured and calculated velocities of detonation. This approach is

restricted to low loading densities. Deviations between measured and calculated figures do not exceed 1.6 %.

REFERENCES

- (1) D'utriche, H.
Compt. rend. 143, 641 (1906).
Forg. R.
Z. ges. Schiess- u. Sprengstoffw., 11, 17 (1916).
- (2) Chapman, D. L.
Phil. Mag., 47, 90 (1899).
Jouguet, E.
Mécanique des Explosifs (Doin et Fils, Paris 1917).
Becker, R.
Z. Physik, 8, 321 (1922).
- (3) Hirschfelder and Sherman,
N.D.R.C. Report No. A-101, O.S.R.D. Report 935 (1942).
Nos. A-67M to A-70M.
N.D.R.C. Armor & Ordnance Memos.
O.S.R.D. Report 1300 (1943)

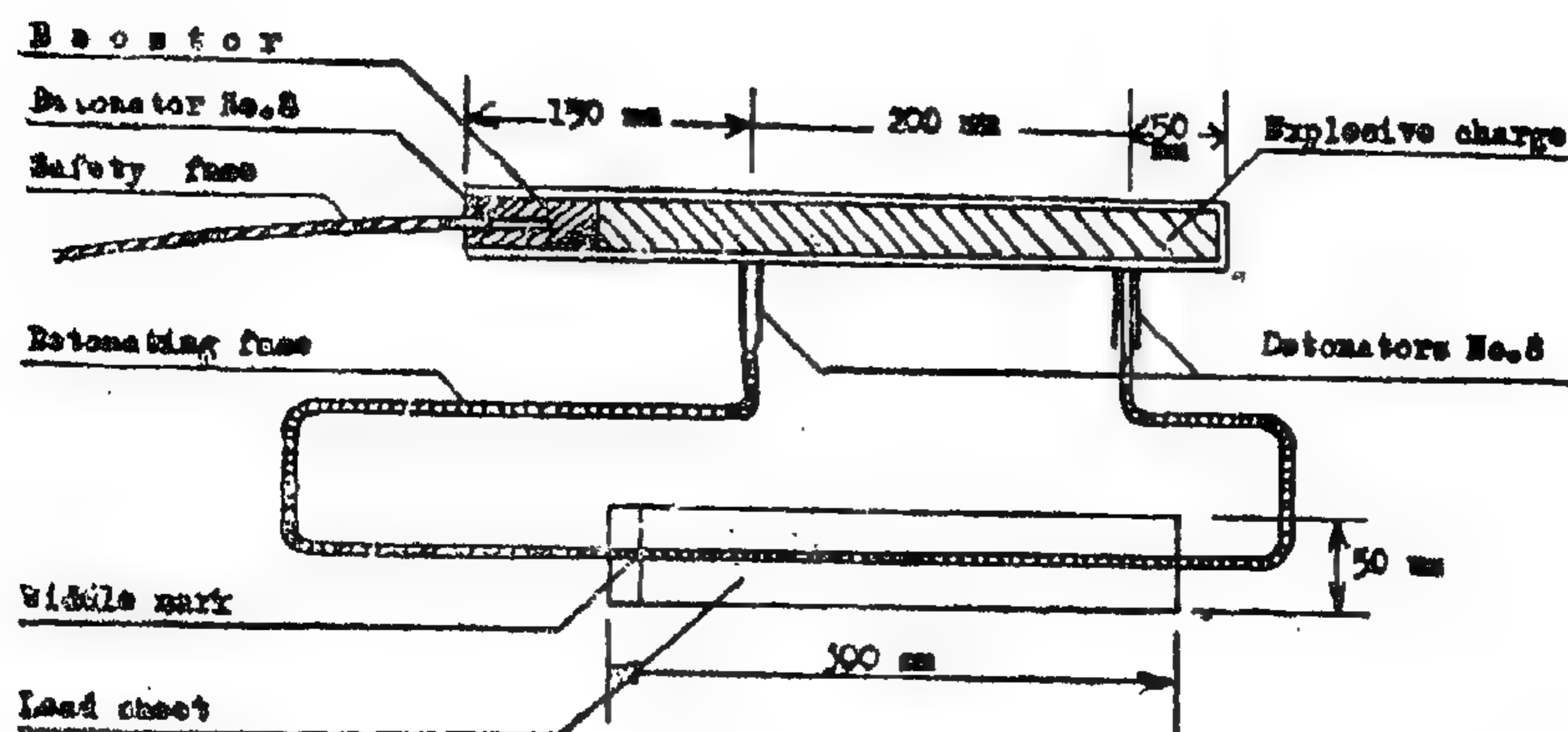


FIG.-(2)

Standard test method

The explosives under test—amylose nitrates of different nitrogen contents are compressed to a low density (0.4 gm/cc) into the steel tubes. The detonators, crimped to the fuse, are inserted into the side tubes and fastened tightly. The lead sheet is marked transversely across one end and is placed with this end nearer to the side tube which lies closest to the open end of the steel tube. The fuse is laid upon the lead sheet with its middle point exactly coinciding with the mark and fastened to the sheet in at least four points by wires. The assembly is detonated from the open end of the steel tube by a 25 gram booster initiated by a detonator No. 8. The line incised upon the lead sheet is noted and its distance from the original mark is measured.

The mean value of five successive measurements is a standard test result.

Test result

The mean values of the detonation velocities of amylose nitrates of different nitrogen contents are given in the following table:

Percentage nitrogen in amylose nitrate	Velocity of detonation in metres per second
11.5	1900
12.2	2040
12.6	2055
13.0	2100
13.15	2140
13.5	2185

Hydrodynamic computation of the velocity of detonation

According to Rankine and Hugoniot the steady zone of detonation wave is given by:

$$E - E_0 = 0.5 (p + p_0) (v_0 - v)$$

where E_0 , p_0 and v_0 represent internal energy per unit mass, pressure and specific volume of the undetonated explosive, and E , p and v represent internal energy per unit mass, pressure and specific volume of the steady zone.

Chapman and Jouguet (2) have shown that the above equation fulfills their stability condition and the velocity of detonation when the detonation products form an ideal gas is given by:

$$0.015 D = \sqrt{2 Q (\gamma^2 - 1)}$$

where D is the velocity of detonation in meters per second.

Q is the internal energy in calories per gram, and

γ is the ratio of specific heats at constant volume of the gas complex.

An approach for the calculation of the velocity of detonation of amylose nitrates of different nitrogen contents—based on Hirschfelder (3) approximation—is summarized in the following table

The d'Autriche method for the measurement of detonation velocity (1)

This method is based upon the fact that if detonation is initiated in each of the two ends of a length of detonation fuse, the detonation waves proceeding toward each other will produce a marked effect when they meet. When the fuse is laid upon a sheet of lead, a marked line incision is produced on the lead at the point where the two waves meet. If the detonation is initiated simultaneously from both ends, and if the fuse is uniform, then this effect would naturally occur at the exact middle of the fuse.

If one interposes a measured length of an explosive between the two ends of a length of detonating fused of a known velocity of detonation; and a detonation wave is initiated simultaneously at adjacent ends of explosive and fuse, the wave will be initiated at the other end of the fuse only after it passes over the entire length of explosive. Thus, the two detonation waves will meet beyond the median line of the fuse by a distance relative to the time taken by the wave to travel through the interposed explosive.

i.e. if a detonation wave is initiated at point (A) of explosive and detonating fuse; then, the wave will be initiated at the end (B) of the fuse after the time taken by the wave to sweep the length L_e equals the time taken by the wave to sweep distance L_f . Then, opposing waves at points (C) and (D)

of the fuse shall meet at the meddile of L_f where a marked line like incision at point (E) is observed.

Since, the distance between points (C) and (E) can be measured, therefore, the distance L_f which is equal to twice the known distance between points (C) and (E) is calculated.

Since, the velocity of detonation V_e of the fuse is known, therefore, the time taken by the wave to sweep $L_e = L_f/V_f =$ the time taken by the wave to sweep L_e .

Therefore, the velocity of detonation of explosive V_e is given by :

$$V_e = L_e / (L_f / V_f)$$

Description of the test assembly

The figure below illustrates the arrangement of the standard test assembly according to d'Autriche for the measurement of the velocity of detonation.

A steel tube 400 mm. long, 25 mm. internal diameter, 35 mm. external diameter, is opened at one end and closed at the other. At a distance 50 mm. from the closed end two side tubes made of copper are welded and their dimensions are suitable for inserting a detcnator No. 8 crimped to either end of a detonating fuse having a standard velocity of detonation and two meters long. The detonating fuse is laid upon a sheet of lead 300 mm. long, 50 mm. wide, and 3 mm. thick.

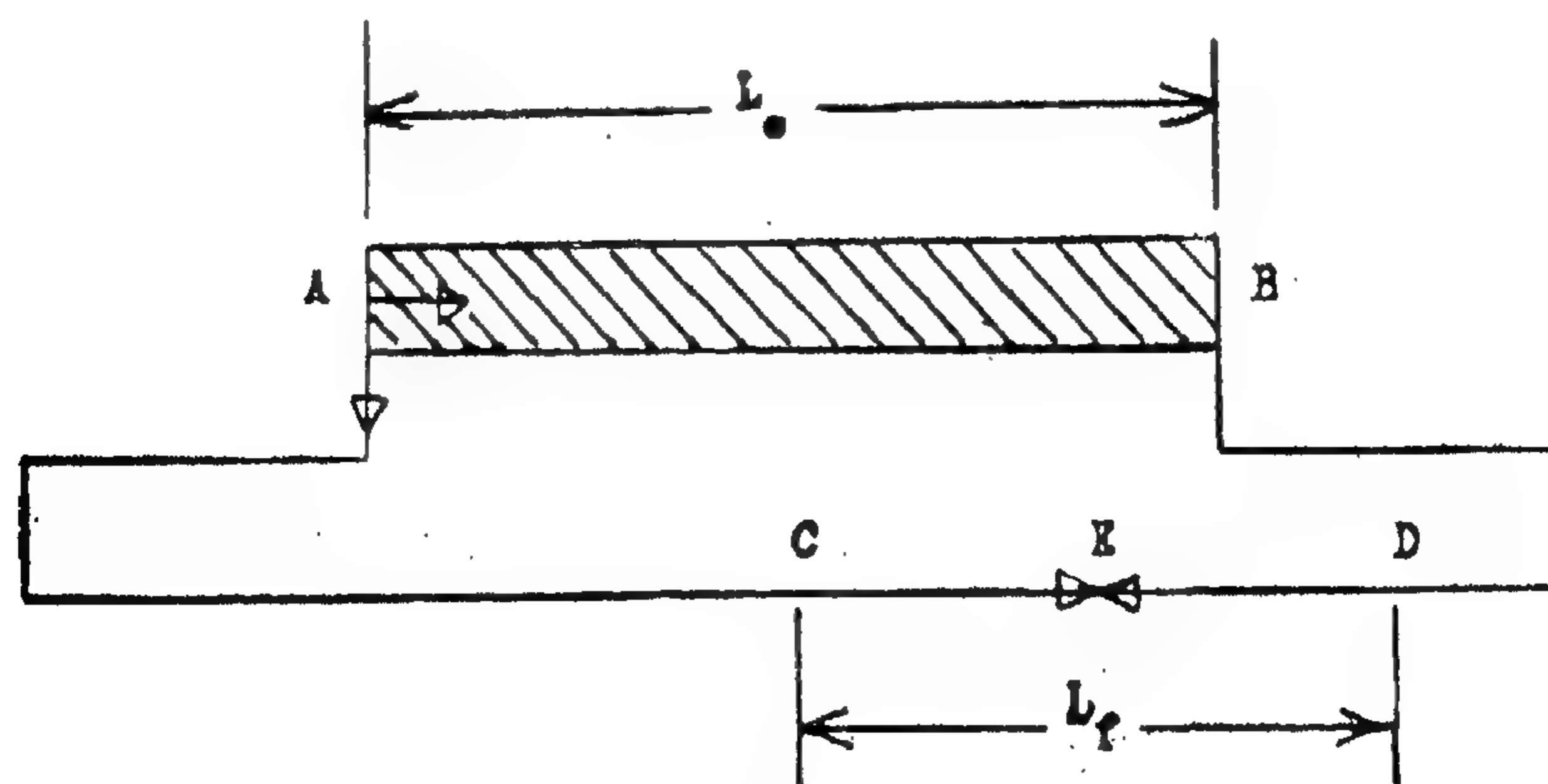


FIG. (1)

THE VELOCITY OF DETONATION OF EXPLOSIVES

By

Dr. ZAKARIA ABDEL RAHMAN SHALASH
Faculty of Engineering, Alexandria.

S U M M A R Y

The method devised by d'Autrache for the measurement of detonation velocity is described. This standard ingenious test enables velocity measurements to be made on short lengths of explosives by comparison with a known standard. The method is based on the fact that if two detonation waves proceed towards each other, they will produce a marked effect at the point where they meet. If one interposes a measured length of an explosive by comparison with a known standard. The method is based on the fact that if two detonation waves proceed towards each other, they will produce a marked effect at the point where they meet. If one interposes a measured length of an explosive between the two ends of a length of detonating fuse of a known velocity of detonation; and a detonation wave is initiated simultaneously at adjacent ends of explosive and fuse then the wave will be initiated at the other end of the fuse only after it passes over the entire length of explosive. Thus, the two

detonation waves will meet beyond the median line of the fuse by a distance relative to the time taken by the wave to travel through the interposed explosive.

Application of this method for the measurement of the velocity of detonation of amylose nitrates of different nitrogen contents, gave value ranging from 1900 to 2185 meters per second.

Computation of the velocity of detonation by the Rankine-Hugoniot equation and the Chapman-Jouguet stability condition is referred to.

An approach for the calculation of the velocity of detonation of amylose nitrate of different nitrogen contents based on the Hirschfelder approximation gave values ranging from 1930 to 2170 meters per second.

Measured velocities of detonation at low loading densities are strikingly equivalent to the calculated values.

INTRODUCTION

Explosive substances are capable of two different types of violent luminous reactions referred to as deflagration and detonation. Deflagration proceeds at the surface of the grains and propagates from layer to layer with rates measured in millimeters per second. Detonation advances through the explosive with a high velocity, reaching 8000 meters per second. The differentiating feature between deflagration and detonation is that deflagration proceeds under conditions essentially isobaric, while detonation pro-

ceeds nonisobarically with a discontinuous pressure rise amounting to as much as 200000 atmospheres. Once the detonation process has been established, the detonation front propagates with a constant velocity.

In evaluating explosives' performance, the velocity of detonation is of utmost importance. The effectiveness of an explosive does not only depend on its energy content, but it depends in large part upon the rate at which this energy is released.

REFERENCES

1. Hall, H. P., "An investigation of steady flow toward a gravity well", *La houille blanche*, Vol. 10, pp. 8-35, 1955.
2. Kirkham, D., "Pressure and stream line distribution in water-logged land overlying an impervious layer", *Soil Sc. Soc. Am. Proc.* Vol. 5, pp. 65-68, 1940.
3. Muskat, M., "The flow of homogeneous fluids through porous media", Ann Arbor, Michigan, 1946.
4. Shahin, M., "Tile drainage of irrigated lands in Egypt", Thesis submitted to Cairo University for the degree of Ph. D. in irrigation engineering, Cairo, Egypt, 1959.
5. Stallmann, R. W., "Use of numerical methods for analyzing data on ground water levels", I.U.G.G., International Association of Scientific Hydrology, Darcy's Symposium, France, Dijon, Vol. 2, pp. 227-231, 1956.
6. Tan, E. K., "Stability of soil slopes", *Trans. ASCE*, Vol. 113, paper nr. 2332, pp. 139-158, 1948.
7. Todd, D. K., "Laboratory research with ground water models", I.U.G.G., International Association of Scientific Hydrology, Darcy's Symposium, France, Dijon, Vol. 2, pp. 199-204, 1956.
8. Zeller, J., "Comparaison de l'efficacité des drains et des tranchées à l'aide d'essais sur modèle", I.U.G.G., International Association of Scientific Hydrology, Proc. Assembly General, Rome, Vol. 2, pp. 478-493, 1954.

(see Fig. 7), a particular problem may be defined by the values of any three independent ratios. In the present case, the variables were grouped into the ratios R/r_0 , H/r_0 and h_0/H . Of these three, the value of the first was $R/r_0 = 16$ for all tests. The second ratio, H/r_0 , was held constant at a value of about 10 by maintaining a constant water level in the entrance standpipe. The third ratio, h_0/H , was set at a different value for each test within a series by adjustment of the water level in the discharge standpipe. The entire possible range, from 0 to 1, was covered in the tests.

The phreatic line in each case was determined by locating the intersection of each equipotential line and the corresponding level of elevation, and drawing a curve through the resulting series of points. The flow lines were obtained by photographing the paths followed by streams of bluing injected at a number of points. The upper boundary of the capillary layer was located from direct observation.

Comparisons between test data and results obtained from the application of both the modified relaxation method by Yang and the Dupuit-Theim formula are plotted graphically as shown in Fig. 8. From these graphs it is apparent that the Dupuit-Theim curve is an approximation to the head distribution along the base. The phreatic lines determined by relaxation as well as empirical formula developed by Hall, H.P. agreed quite well with that obtained from the model research.

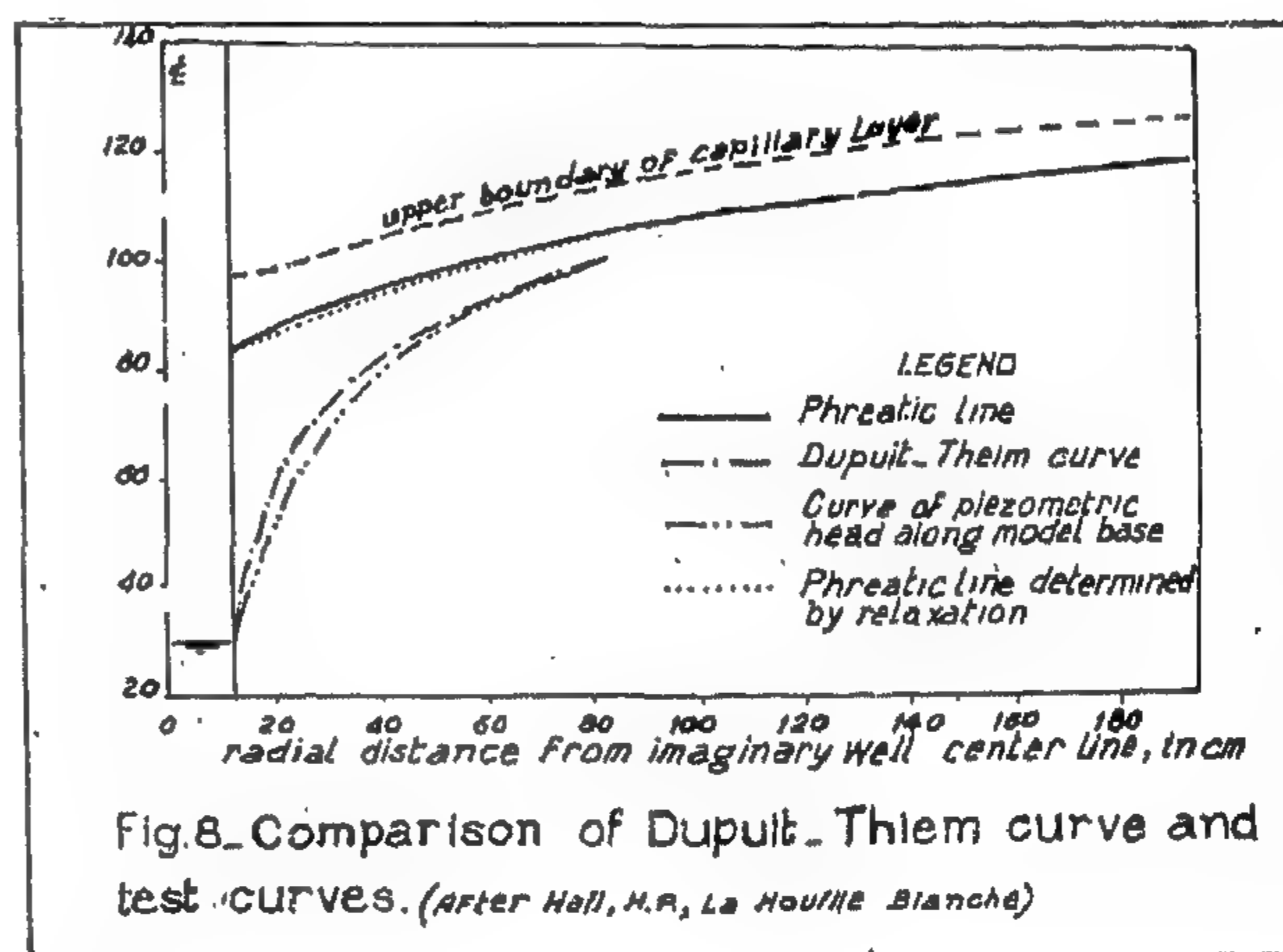


Fig. 8. Comparison of Dupuit-Theim curve and test curves. (After Hall, H.P., La Houllie, Blanche)

CONCLUSIONS

In view of their true imitation to the nature, sand-models have been and are still applied intensively to investigate ground-water flow problems.

1. Sand-models can be applied to three-dimensional flow problems. In such problems the aquifers investigated may be either unconfined or semi-confined, homogeneous or heterogeneous, isotropic or anisotropic.

2. In a sand-model it is possible to study the flow in the capillary zone. The difficulty of the disproportionate rise of the capillary fringe to the total height of the model can be overcome either by covering the top boundary

of the flow field by a coarse-textured material or by using a fluid of low surface tension property as the flowing fluid.

3. In a sand-model it is possible to introduce the conditions of surface water, rate of precipitation, discharge and filtration velocity. Also confined as well as unconfined aquifers can be investigated. Aquifer storage can be imitated in a phreatic aquifer but not in a confined aquifer.

4. Sand-models are characterized by the visibility of flow. A dye material is usually added at chosen points in the aquifer to colour the streamlines.

licant features are evidently the same, yet, a thorough interpretation of the model observations is urgently needed, preferably in the light of theory whenever it is available.

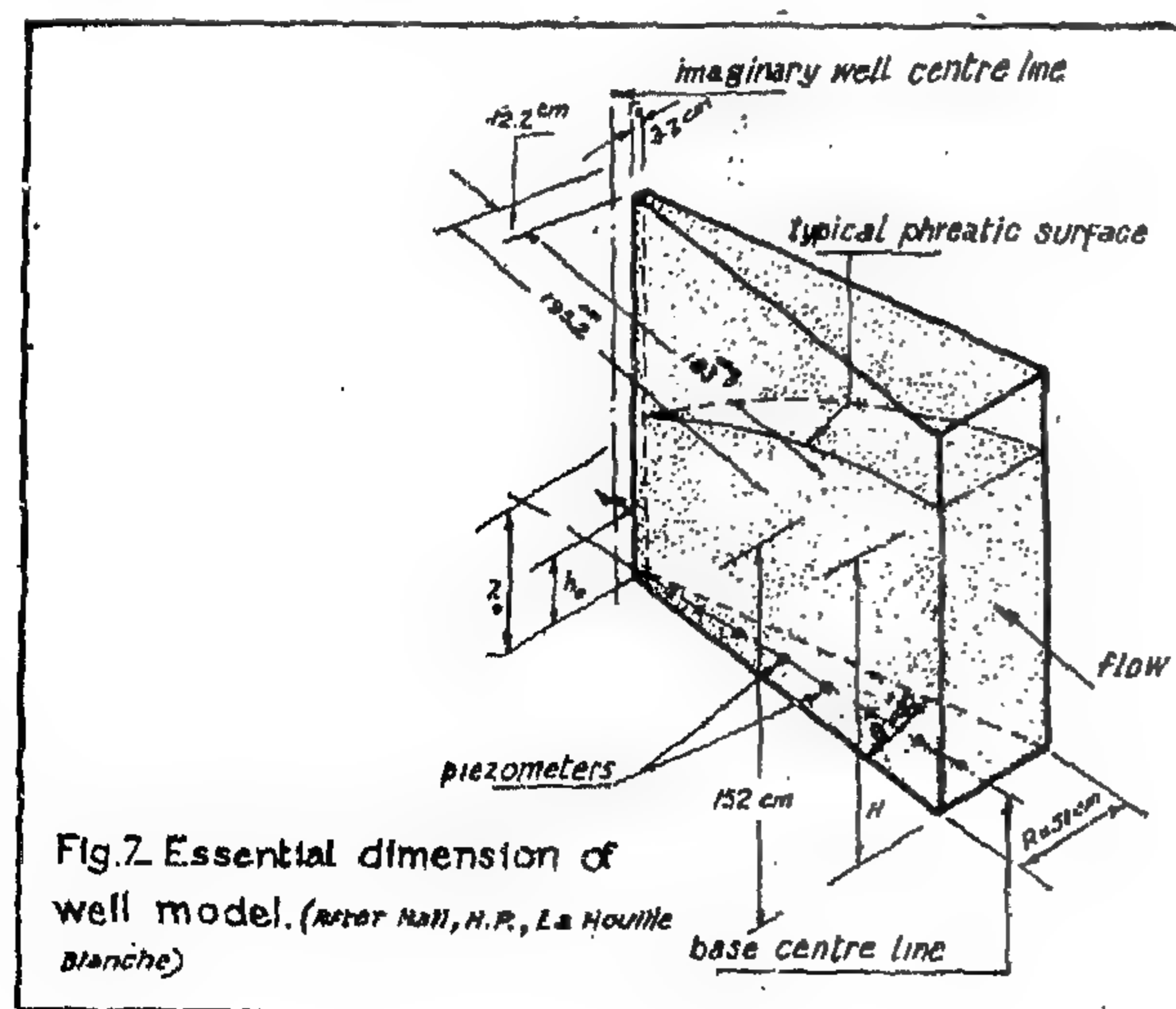
v.—Steady flow towards a gravity well (1).

The chief objective of the model tests was the determination of the steady state pattern of flow towards a gravity well within the region represented by the model. Other objectives included an investigation of the validity of Darcy's law for computing the rate of discharge and the flow pattern, and an investigation of the effects of degree and uniformity of saturation of the sand.

To achieve these objectives a sand model was constructed to represent a 15-degree sector of the region surrounding a fully penetrating gravity well. Fig. 7 is a sketch showing the essential dimensions of the model. It has to be pointed out here that a low value of θ was desirable in order to justify the use of plane entrance and discharge faces as simpler substitutes for the cylindrical surfaces to be

simulated. The ratio $\frac{R}{T_0}$ was chosen 16:1

(195.2 : 12.2) so that the vertical entrance face would be a reasonable approximation of the equipotential surface at a corresponding distance from a typical well.



In general, a relatively large size model was desirable to facilitate observations within a distance of a few radii of the well circumference, and to minimize the importance of capillary action. A special kind of sand was selected as the porous medium for its favourable physical properties as well as its low price. Before filling the model with sand it was first filled with warm water then allowed to cool shortly before any test so as to be deficient in dissolved air when it reached room temperature. After the model had been filled with water, the sand was saturated in small quantities and placed under water.

At the entrance and discharge faces plastic screens were preferred to metal to reduce danger of electrolytic action or rusting. Fluid heights in the aquifer represented by the model were measured from a number of piezometers whilst some of them were connected to the base plate to determine the pressure along the impermeable boundary.

Transparent side-walls were desirable to permit observation of conditions at the free surfaces; and transparent plastic (lucite) was preferred to glass because it is easier to handle and to machine.

To prevent excessive deflection of the lucite side-walls, steel bracing frames were fastened to a base plate at the bottom and to each other across the of the model. The base plate was of steel $\frac{1}{4}$ in in thickness, supported by two heavy wide flange beams and it was considered adequate to prevent excessive deflection.

A closed system of water circulation was desirable in order to hold down the quantity of air which would be introduced during test runs. The circulation system included a pipe leading from the discharge standpipe to a centrifugal pump, thence through a flow-measuring device and back into the entrance reservoir through a porous stone tube intended to reduce turbulent effects.

Since the flow pattern is a function of the four independent variables, R , r_w , H and H

registered on the glass by the displacement of the vertical lamp black lines. These movements were observed after the sand had been carefully removed and the glass plate withdrawn.

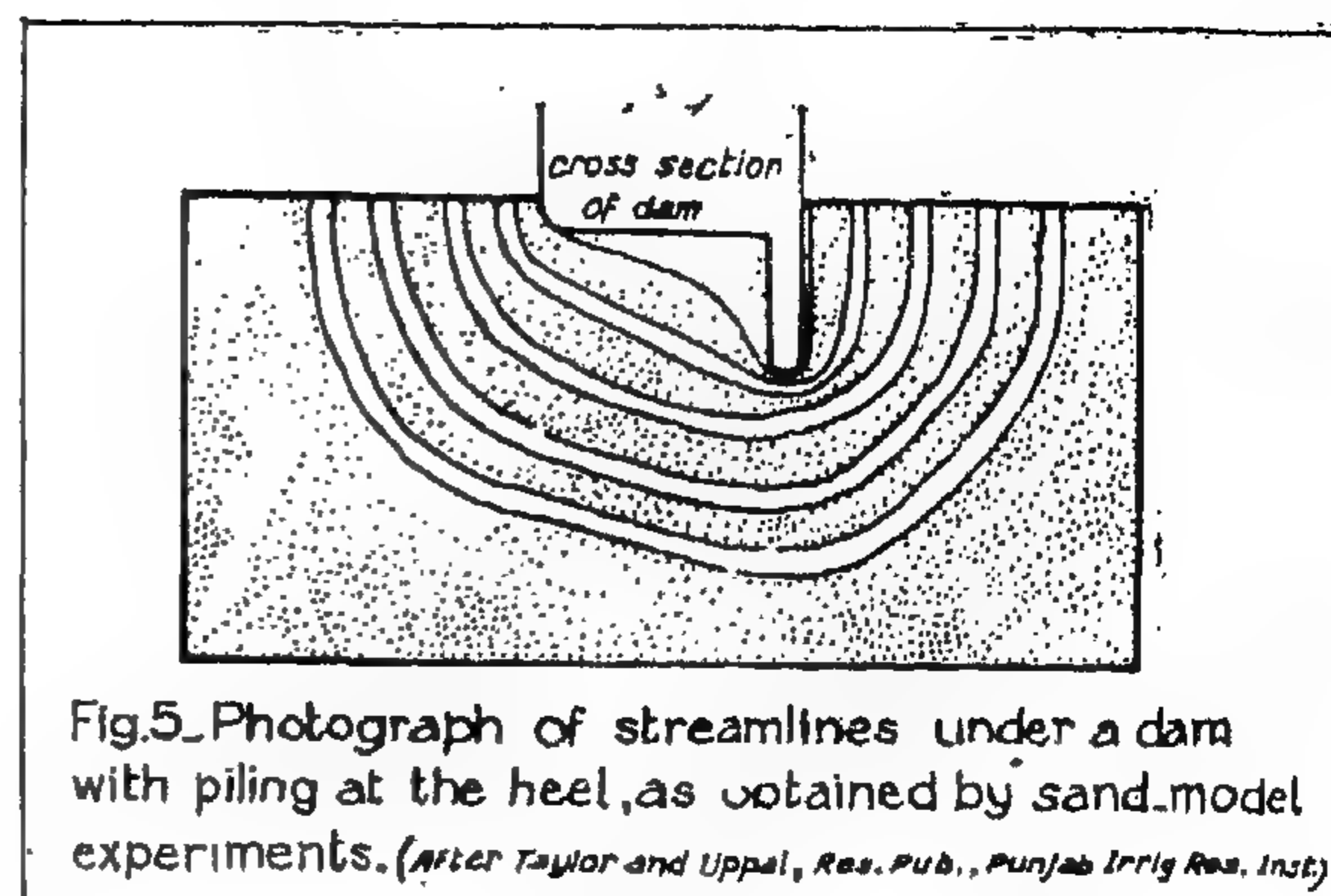
By means of the model investigation mentioned above coupled with a mathematical treatment of the problem of failure of slope in the plastic state and, by photo-elastic studies using gelatine models a distinctive contribution to the subject of slope stability had been achieved. In spite of the fact that the forces of capillarity, molecular attraction, and pore pressure are much too complicated to be replaced by a simple external pressure yet, any attempt to simulate the cohesion phenomenon in the model sand seemed to be impracticable. Consequently, imitating the cohesion, which is internal force, by what so called equivalent cohesion or external force was the best that could be done.

iv.—Seepage below impervious dam foundations (3).

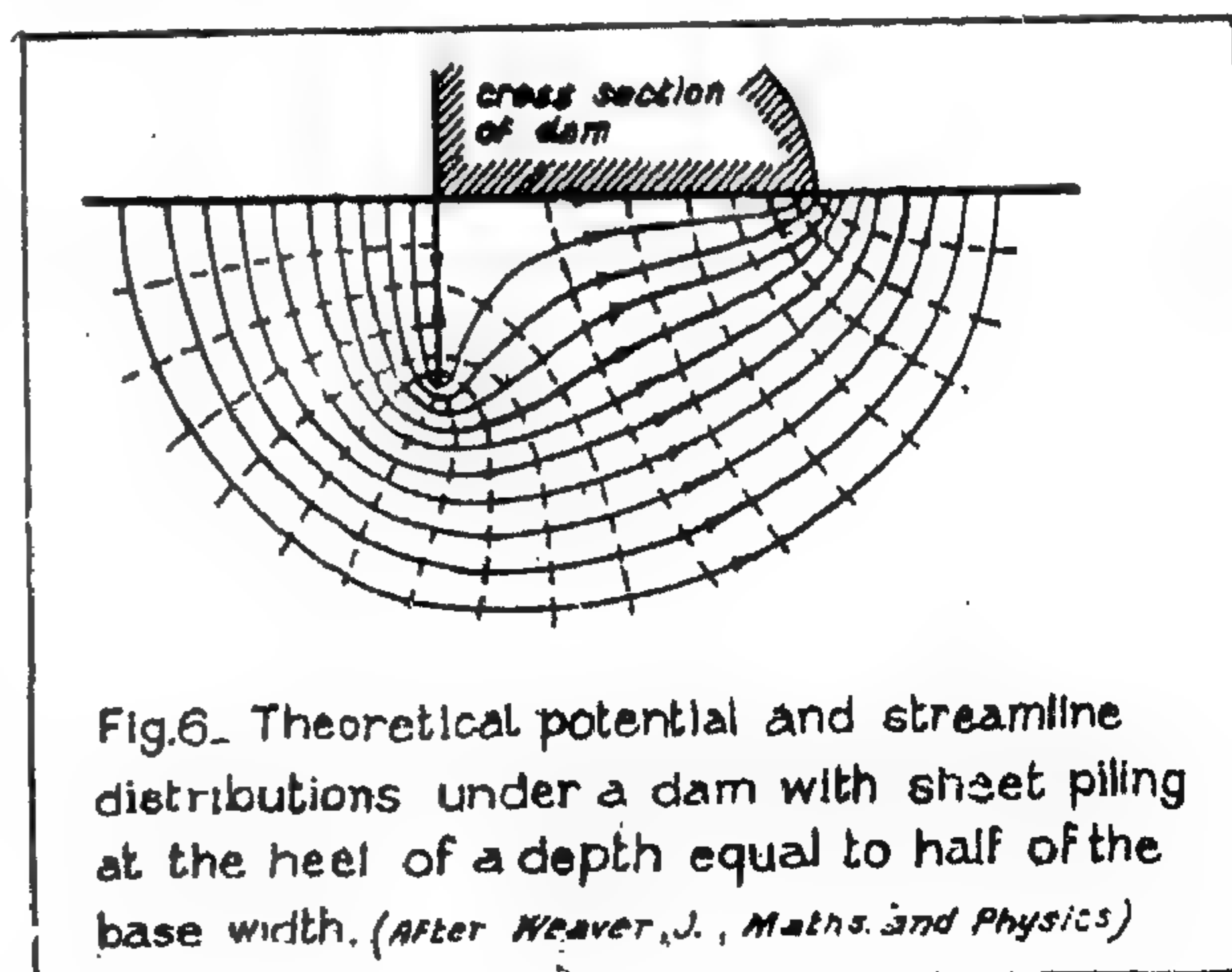
It is of interest to refer to the extensive investigation carried out on sand-models to study the stream pattern of flow of water underneath solid dam foundations with and without sheet piling, and the uplift pressures against these dam foundations dealt with by the Punjab Irrigation Research Institute.

As far as the construction of the models used did not involve any unfamiliar features, they are no longer worthy of description. The traces of the streamlines in the sand under dams were formed by introducing at chosen inlet tap funnels a silver nitrate solution, the seepage fluid being a solution of potassium chromate. The stream flow patterns were photographed, one of the pictures obtained for a dam with a sheet pile at the upstream side is shown in Fig. 5.

From the fact that no stream lines were observed actually to follow the base of the dam as shown in Fig. 5 the first streamline appears to touch the base of the piling in continuing to the downstream side, it is con-



cluded that the sides of the piling and the base of the dam do not represent a streamline. Such a conclusion, however, is fallacious since in any potential flow system an impermeable fixed boundary must necessarily be a streamline. Moreover, the streamlines traced in the experimental model seemed to touch the base of the piling, and did not lie somewhat lower than it was supposed, as a result of the finite dimensions of the model aquifer, the coarseness of the sand used as an aquifer material, and the natural diffusion of the silver nitrate solution used to trace the flow lines. To see that in so far as the experimental models are refined enough as to give details of the motion they do agree with the theoretical analysis of the problem, one need only compare Fig. 5 with Fig. 6 which gives the



computed equipotentials and streamlines for exactly the same case—a piling depth equal to half the dam width. Although all the signi-

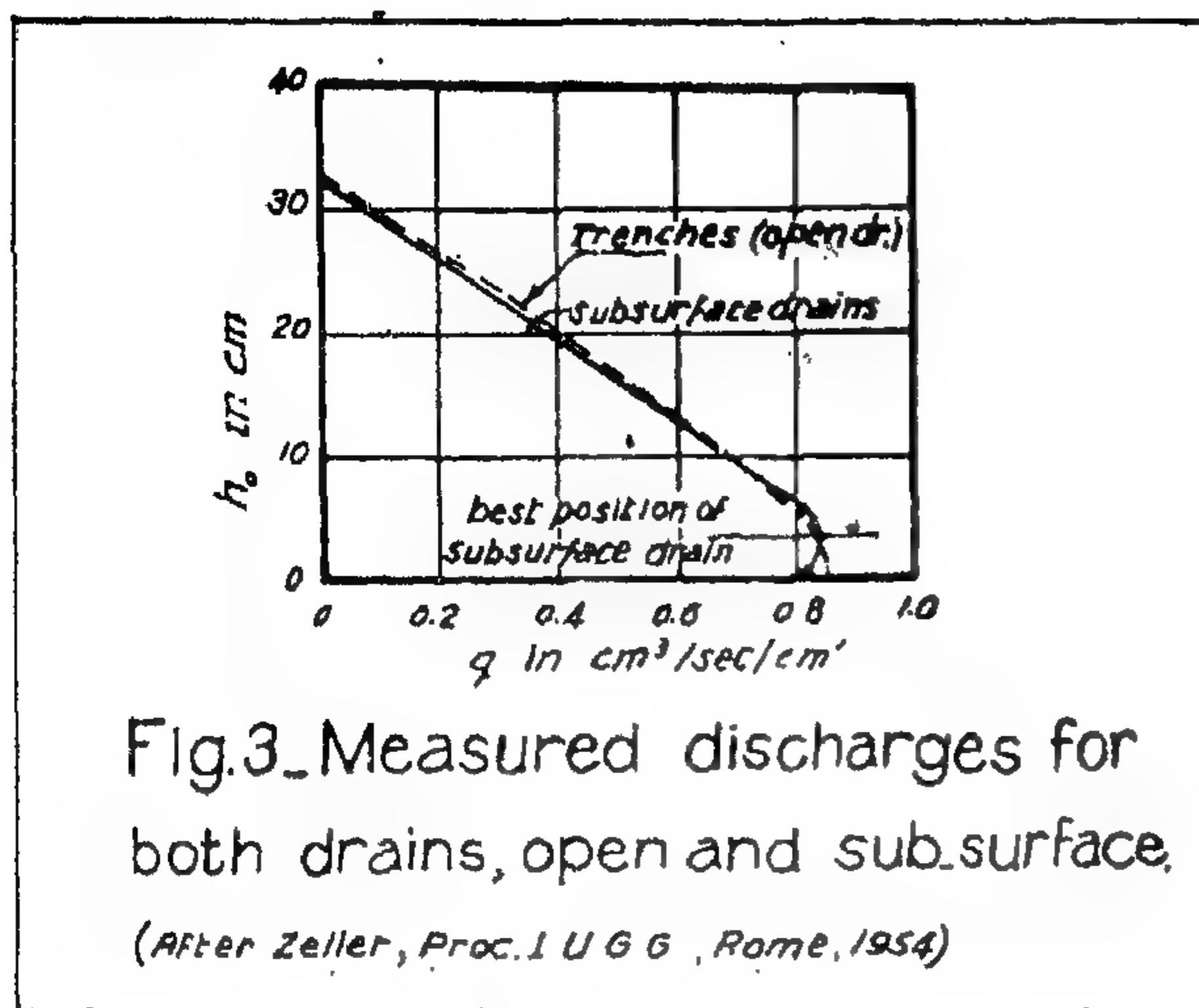


Fig. 3. Measured discharges for both drains, open and sub-surface.
(After Zeller, Proc. I U G G, Rome, 1954)

iii.—Stability of earth slopes (6).

One of the most important, and at the same time most interesting, problems in the field of soil mechanics is the investigation and analysis of the stability of earth slopes.

By means of the model apparatus shown in Fig. 4 it had been possible to investigate the phenomenon of angle of repose for dry cohesionless soils, the slides of slopes of cohesive soils, and the deformation within a soil slope and the location and form of the rupture surface.

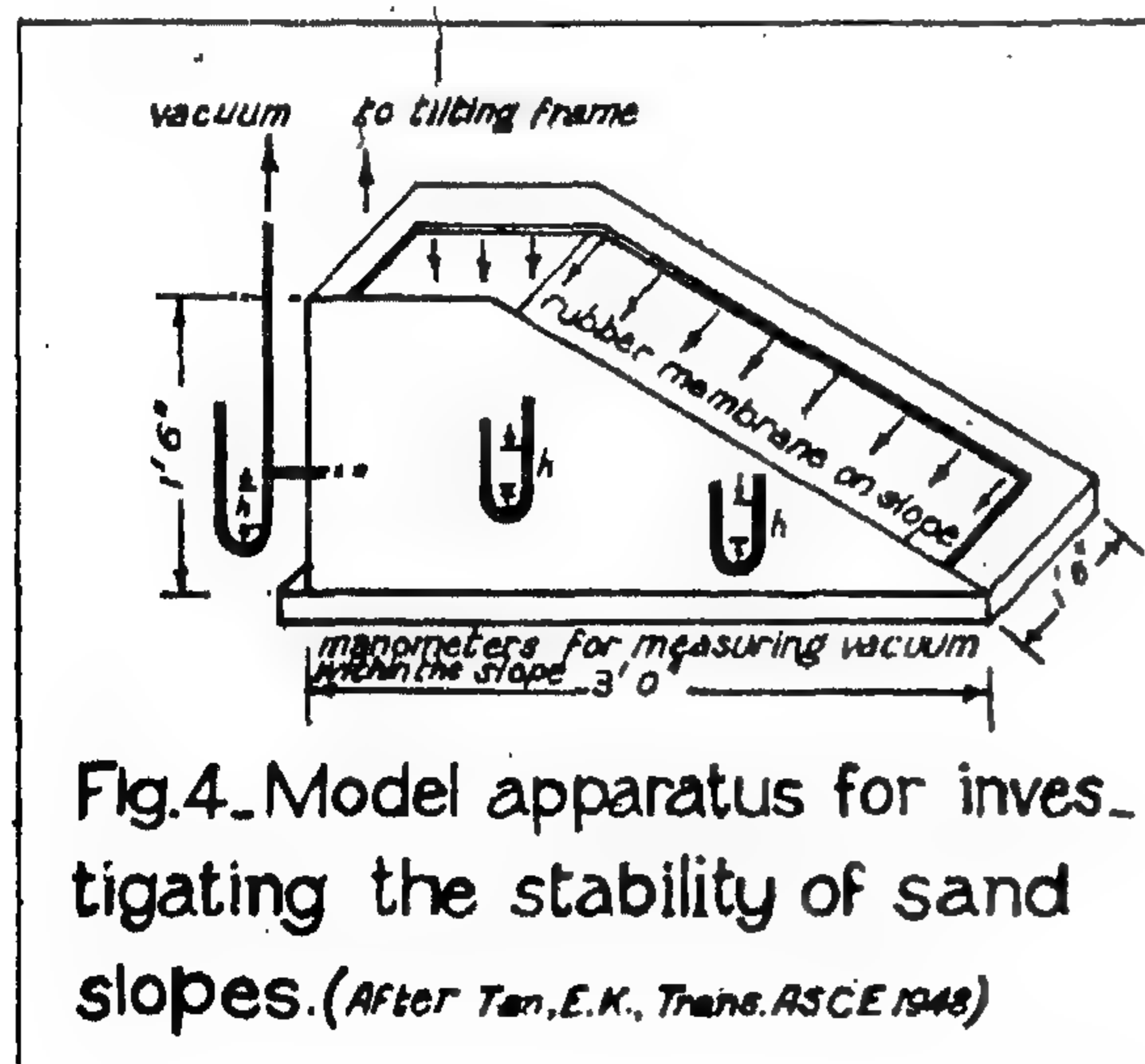


Fig. 4. Model apparatus for investigating the stability of sand slopes. (After Tan, E.K., Trans. ASCE 1948)

The model consisted of a galvanized iron box with tight joints and an open end. This

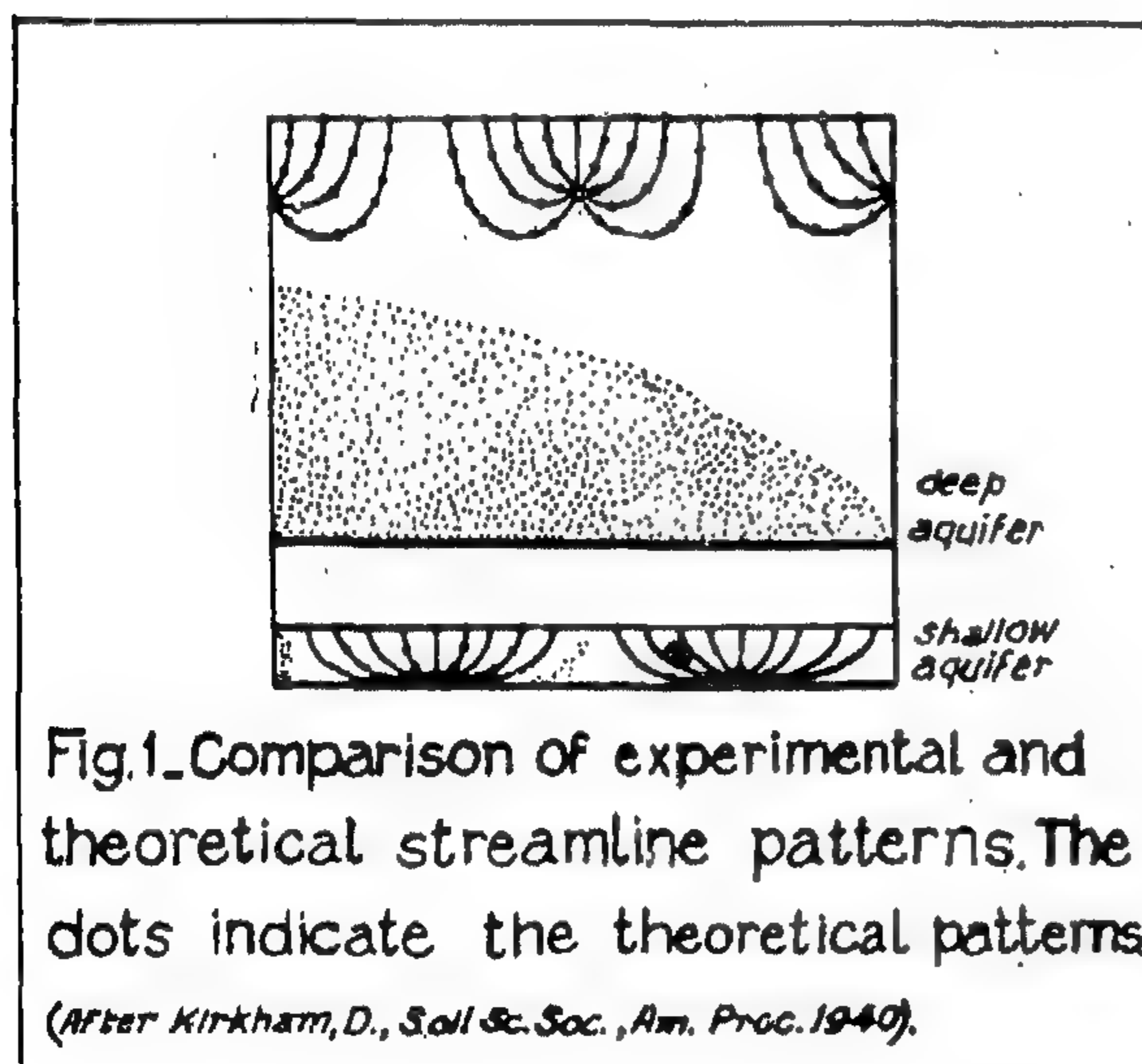
box, placed on a firm support, was provided with a device for tilting it to any desired angle. The angle of slope of soil was measured by a clinometer. A "coarse to fine sand" was used throughout the investigation.

According to the usual concept of model analysis there should first be a geometric similarity between the model and the prototype, and the forces controlling the phenomenon should bear a constant ratio. In view of the fact that any reduction in the particle size will alter the soil properties it was not possible to satisfy these requirements. Gravitational and molecular forces cannot be altered. Furthermore, capillary forces are difficult to control in the laboratory in a reduced-scale model. To overcome this difficulty such that the model would perform in a way similar to that in the nature, a special technique was developed in the model in order to reproduce a slide phenomenon similar to slides observed in nature. In this technique the natural internal system of forces which are the source of natural cohesion in a soil were replaced by a uniform system of external force. The equivalent cohesion in the model soil slope was obtained by covering the cohesionless sand slope by a rubber membrane. This was stretched loosely over the slope but was tightly clamped to the sides of the apparatus so that the air in the soil mass could be evacuated. The soil was thus subjected to a uniform external pressure which could be maintained constant and be easily controlled or varied at will.

Moreover, a procedure was devised to obtain a record of the deformation within the soil slopes, and the locations and forms of the rupture surface. A piece of glass which was cut to the shape of the sand slope and carefully ruled with vertical lines with lamp-black and oil, about $1/16$ in. wide, was placed within the soil mass. After the glass had been placed against the side of the apparatus, the sand was carefully deposited against it, and the slope was formed as before. When any deformation or sliding occurred within the soil mass, the movement of the sand was

were cylindrical and made of monel 80-mesh wire. One end of a drain touched the plate glass front of the tank; the other end passed through the back of the tank so that the draining water left the tank at atmospheric pressure. The streamline patterns were photographed for a permanent record, a special filter being used to intensify the colouring solution.

The patterns of flow, thus obtained were emphasized later on by the findings from an extensive theoretical analysis of the problem. Both agreed closely as can be seen from Fig. 1. Accordingly, the results obtained from this experimental work have helped in bringing forward the reasonable concept that can be hold concerning the flow of water in soils toard tile drains.



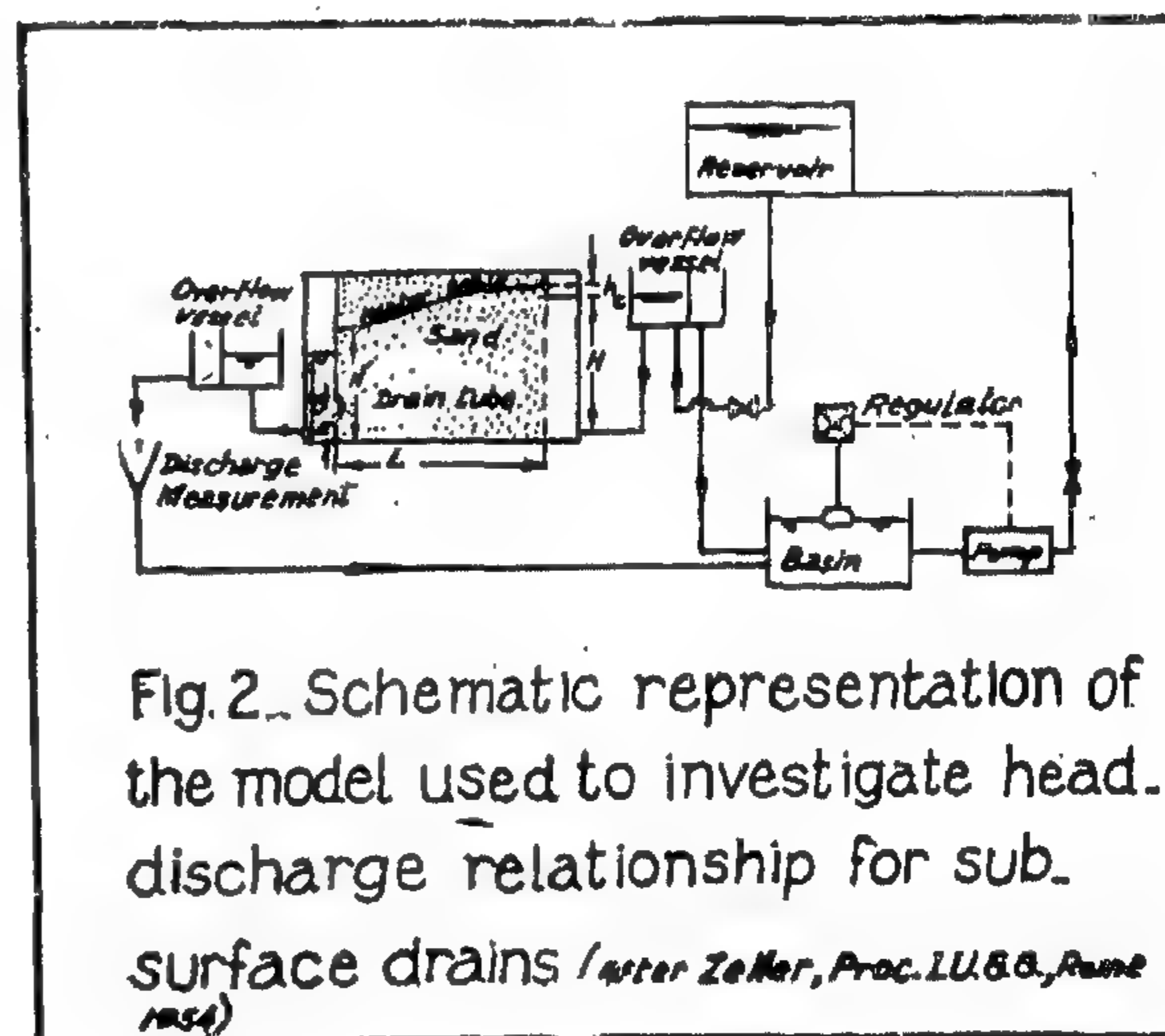
ii.—Depth-discharge relation for surface and subsurface drains⁽⁸⁾.

In order to observe the free surface of water flowing towards both surface and subsurface drains and to establish a depth-discharge relation for such case of flow, experiments were carried on a sand-model.

The model was simply a container full of sand provided with a glass plate front. The porous medium occupied a volume of $56 \times 36 \times 22$ cm. and consisted of round sand

(quartz) particles of uniform diameter varying from 2.5 to 3.0 mm. having an average porosity from 38 to 40 %.

The aquifer was automatically and continuously fed with a fluid by means of the regulated flow circuit shown in Fig. 2. The inflow and outflow ends of the aquifer were connected each to an overflow vessel which might be adjusted vertically. The viscous fluid used being the industrial glycerine, a laminar state of flow obeying Darcy's law was assured. The fluid had such small a capillary rise that the thickness of the fringe overlying the free surface was maintained with the least influence on the experiments.



The drain tube was imitated in the model by a hole 1.1 cm in diameter situated at the down-stream end of the aquifer while as its position above the impermeable bed was changed will.

One of the interesting conclusion drawn from this work was the h_0 versus q diagram for surface and sub-surface drains. This diagram which is shown in Fig. 3 indicates that the best position of the drain tube is somewhere higher than the impermeable bed and not just above it. This finding was later emphasized by the writer from an analytic treatment of the problem in a previous work (4).

- (a) models based on the analogy with heat transfer,
- (b) models based on the analogy with flow of electricity in conducting materials,
- (c) models based on the analogy with deflection of elastic membranes.
- (d) models based on the analogy with

viscous flow of fluids in narrow channels.

Apart from these four types, models can be based on the principle of magnetism or they can be formed of containers filled with either glass or lead shot and for which the flowing fluid may be any fluid as well as water.

SAND-MODEL SCALES ⁽⁷⁾

In the previous paragraphs it has been pointed out that in a sand model, the fluid, which is usually water, flows in a real porous medium. Accordingly, kinematic and dynamic similarity should exist between the model and the prototype. Geometric similarity or length scale can be defined by the prototype-model length ratio or,

$$N_L = \frac{L}{L_m} \quad \dots \quad (4)$$

where N_L is the length scale, and the subscript m refers to the model.

Because Darcy's law applies to both model and prototype, the velocity scale

$$N_v = \frac{V}{V_m} = \frac{K \cdot I}{K_m \cdot I_m} \quad \dots \quad (5)$$

where,

N_v = velocity scale,

V, V_m = velocity of flow in the prototype and model, respectively,

k = coefficient of permeability,

and I = hydraulic gradient

With similar slopes, the velocity in the model can be given by

$$U_m = \frac{V}{N_k} \quad \dots \quad (6a)$$

and the rate of flow in the model by

$$Q_m = \frac{Q}{N_k \cdot N_L^2} \quad \dots \quad (6b)$$

where

N_k = permeability scale,

and Q and Q_m = rate of flow in the prototype and model respectively.

APPLICATIONS

1.—Flow pattern toward tile-drains in a water-logged area ⁽²⁾.

A thorough understanding of the hydrodynamical process of water flow toward tile drains is one of the essentials to solve the problems a drainage engineer often meets in his field.

Thus, the aim of this investigation was to demonstrate the streamline flow pattern toward tile-drains, the variables being the distance between the drains and their depth. For this purpose, experiments were carried out on model sand tanks ($29 \times 20 \times 2\frac{1}{2}$ in, $29 \times 5 \times 2\frac{1}{2}$ in) representing several field sec-

tions. Fine sand was used, having been carefully sifted for homogeneity. The sides of the tank were streamlines; the bottom was the impervious layer. The front of the tank was of plate glass and near the top of the tank at the sand surface inlets for colouring matter, which was dilute potassium dichromate solution, were placed. This made it possible to colour the particles of water originating at any one point at the surface of the sand, so that they could be followed as they flow into the drains.

Potassium dichromate was used because, unlike many other colouring materials, it can be readily washed from the sand. The drains

where v_x , v_y and v_z are the velocity components along the x , y and z directions respectively and k is the coefficient of permeability.

In a two-dimensional flow system eq. (1) can be reduced to

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad \dots \quad (3)$$

Accordingly, the general problem of the steady-state flow of fluids through porous media may be reduced to the solution of Laplace's equation with appropriate boundary conditions. Unfortunately, the available analytic methods give solutions to only a limited number of hydrodynamical problems of practical interest to the engineer. One cannot, of course, hope to find solutions in analytic form for all practical problems that might arise. Consequently, it becomes imperative to find out other modes of attack which can be applied to such problems when one cannot find strictly analytic solutions.

Some other methods based upon successive approximation have, therefore, been developed aiming at deriving sequences of analytic functions which in their limit approach the potential function satisfying the prescribed boundary conditions (5)*. These methods, however, often fail in the treatment of specific problems.

A different type of procedure for deriving a solution to Laplace's equation corresponding to a definite physical flow problem is that of the graphical integration of the equation. As can be seen from the texts on hydrodynamics of flow through porous media, the solution to Laplace's equation for a two-dimensional steady-flow problem can be plotted graphically in the form of a network of two families of orthogonal lines. One family or set of curves represents the lines of equal potential while the other set represents the flow lines. The network formed by the two sets of lines is known as the flow net. Thus, for a number of problems it becomes possible,

through the construction of flow nets by trial and error, to obtain successively closer approximations to the exact solution.

Once more, the general problem of the steady-state flow of fluids through porous media may be reduced to the solution of Laplace's equation with appropriate boundary conditions.

Fortunately, this equation is well known in other branches of physics, electricity, elasticity of bodies..., etc. Accordingly, the general method of solution and in some cases even the explicit solutions themselves for a number of flow problems of practical interest may be taken over from those that have already been derived for other purposes in other branches of physics by simply bringing them back into their proper hydrodynamic equivalents. Moreover, there are some problems dealt with in the classical hydrodynamics as the flow of viscous fluids which are also governed by Laplace's equation.

The analogy between the viscous flow of fluids in porous media and other phenomena as heat transfer and the flow of electricity in conducting material has, thus, afforded a very useful method of obtaining solutions to specific flow problems. In this method use is made of experimental models representing the flow systems to be studied.

As a matter of fact sand-model experiments have preceded other types of model investigations based on the principle of analogy. Yet, this type of model experiments are really nothing more than small-scale reproductions of the actual flow systems.

The hydraulic models used in investigating ground water flow problems may thus be classified into two groups: namely, sand-models in which the flow takes place in a real porous medium, and models based on the principle of analogy between viscous flow of fluids in porous media and other analogous phenomena. The latter may be classified into the following types:

*Figures in parentheses refer to the literature cited at the end of the paper.

INVESTIGATION OF GROUND-WATER FLOW PROBLEMS BY MEANS OF SAND-MODELS

by

Dr. MAMDOUH SHAHIN
*Lecturer, Irrigation & Hydraulics Dept.
Faculty of Engineering, Cairo University.*

SYNOPSIS

It is well known that problems appertaining to ground-water flow may be solved either analytically or experimentally, or both combined together.

The theoretical methods involve the rigorous mathematical analyses of the flow systems, the approximate analyses based on iteration, and also the graphical procedure. In spite of the rapid and successful development of these methods to cope with a greater number of problems, yet, for one reason or another, they fail in tackling many others.

Complete field investigation of a ground-water flow problem is usually a time-consuming operation and in many instances is impeded whenever it is not economically feasible. For all these considerations, it is apparent that the easiest, quickest, and least expensive mode of attack for such a problem is to investigate by means of a reduced-scale model.

Needless to say, the construction of any model, its scales, and operation should all be based on a solid theoretical basis. The boun-

dary conditions and other data pertaining to the prototype must be found out a priori from field observations. Moreover, the interpretation of a model test result is preferably done in the light of the available theories. Nevertheless, models have been very helpful tools in studying many of the ground-water situations which would otherwise be intractable.

Models are either small scale reproductions of the prototype or based upon principles analogous to that of the flow of fluids in porous media. Of the first type are the sand models. The second type involves models based on the principles of heat flow in a thermal conduction, flow of electric current in a conducting medium, the deflection of lightweight membranes, and the flow of a viscous fluid in a narrow channel.

In the present paper the sand model type is discussed and a number of study cases are described. For each case mention has been given to the problem studied, the model construction and scales, and the conclusions drawn from the model results.

INTRODUCTION

The steady state of flow of an incompressible fluid in a homogeneous isotropic porous medium may be expressed by the relation

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad \dots \quad (1)$$

Eq. (1) is known as Laplace's equation for three-dimensional flow in which x , y and z

are the three coordinate axes, ϕ being a velocity potential such that

$$\left. \begin{aligned} v_x &= -k \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ v_y &= -k \frac{\partial \phi}{\partial y} \\ v_z &= -k \frac{\partial \phi}{\partial z} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

setting its gain. Although the basic circuit was shown to use d.c., a.c. can be used as well, which can be an advantage in this case, since it simplifies the amplifier design.

What about the meter reading as higher and higher powers are taken of a number, which in effect, place relatively large voltages on the meter causing it to go off scale. This problem can be solved by inserting a suitable "bucking voltage" in series with the meter. The value of this voltage can be determined from the theory of logarithms, and will be found to be equal to the characteristic of the answer times the meter's full-scale voltage.

The following is a list of suggestions for those interested in experimenting further with this idea :

1. Adding more arms to the circuit to handle more parameters.
2. Multiple turn potentiometers for greater accuracy.
3. Concentric shaft, dual potentiometers for use on a single calibrated face.
4. Use of logarithmically tapered potentiometers which allow linear scales on face plates.
5. Switching S_2 automatically at full scale.
6. Refinements in the system used for raising numbers to powers, including methods as switching in the bucking voltages.
7. Adapt the input arms to accept time-functions for studies of servo systems, and the like, with the output recorded.

the potentiometer and hunting for the null to find the answer. Incidentally, in order to protect the meter, R_3 is kept across the meter while a rough null is sought, and then removed by opening S_1 for the final, more sensitive null. A meter less sensitive than the 50-0-50 microammeter specified can be used without too much loss of accuracy.

Powers and Roots

The additional operations of taking powers and roots can be performed using the basic circuits shown in Fig. 4. This is possible by using the relation :

$$\log x^n = n \log x$$

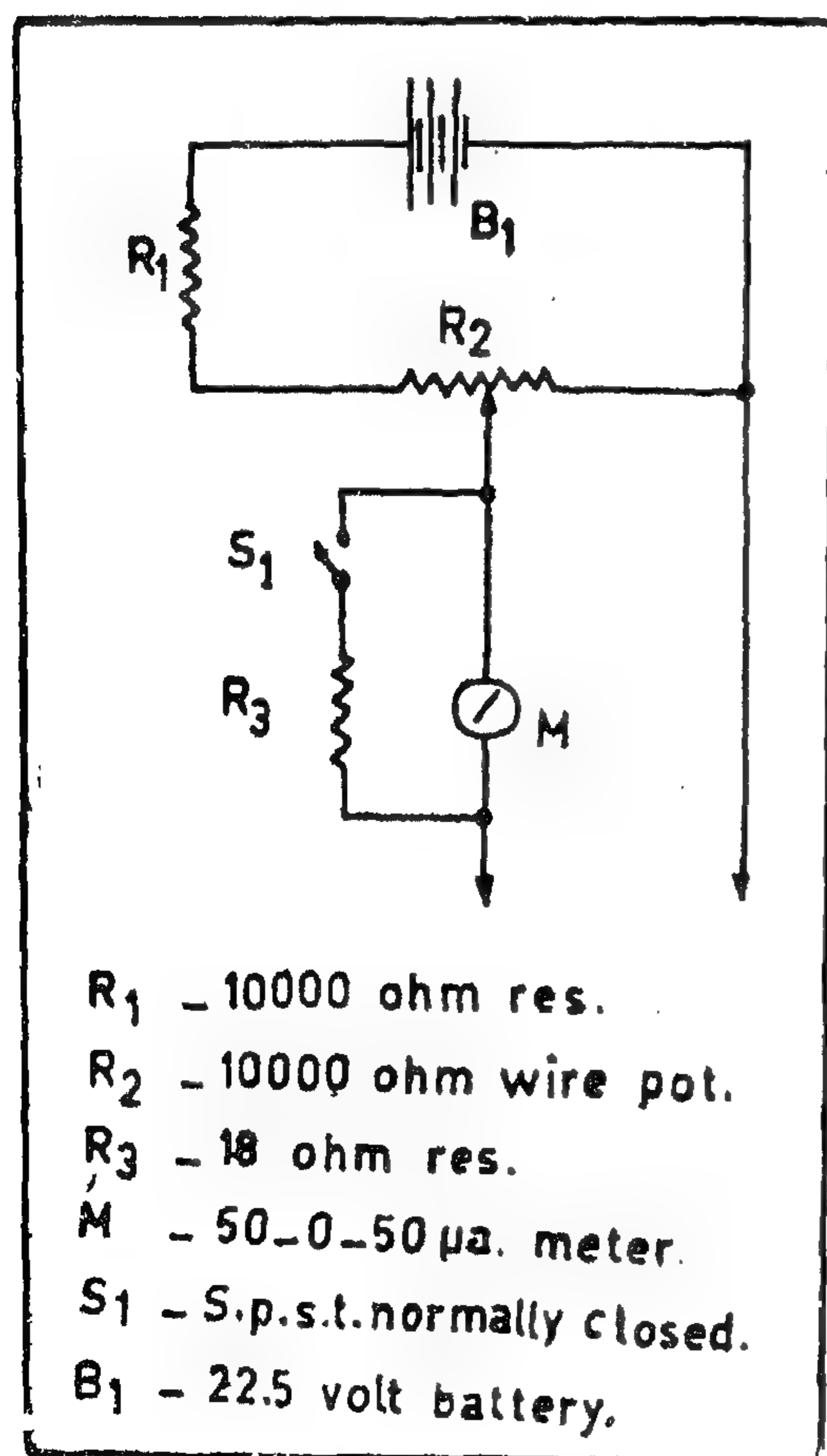


FIG. 3. Circuit diagram of the null-type indicator for use instead of a v.t.v.m

For n less than one, a gain of less than one is required, and a Voltage divider may be used across one arm of the basic circuit, as shown in Fig. 4A. For example, if R_5 equals R_6 , then :

$$n = \frac{R_6}{R_5 + R_6} = \frac{1}{2}$$

This means that the square root will be taken of any number set up on the R_2 dial. A linearly calibrated potentiometer can be substituted for R_5 and R_6 to allow a large choice of fractional values of n .

For raising a number to a power, the amplifier shown in Fig. 4 (B) must have as much

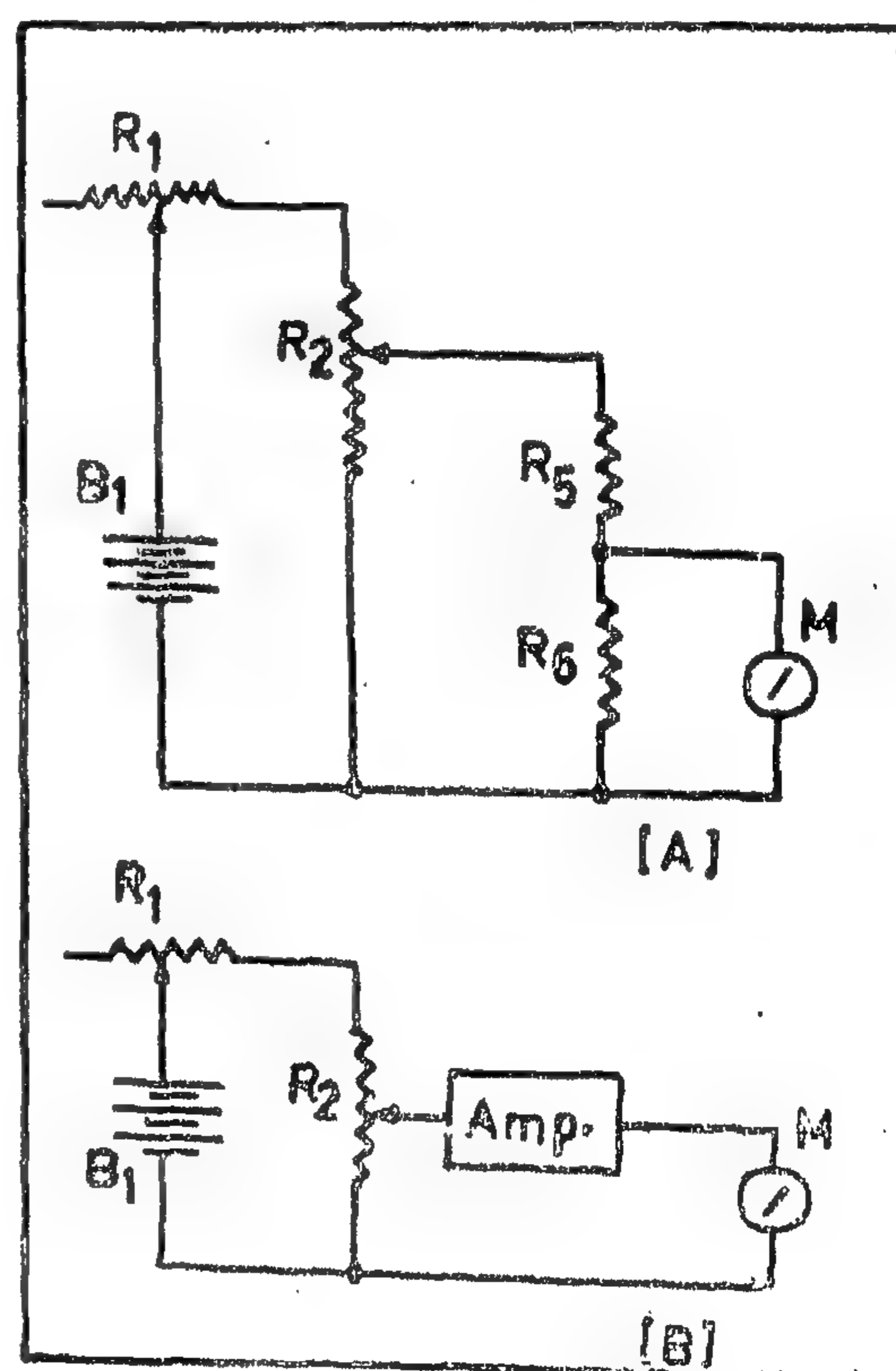


FIG. 4 [A] Basic circuit for taking roots numbers.

[B] Basic circuit for raising numbers to powers.

gain as is predicated by the maximum value of $n = 3$, Say. The amplifier then must have a gain of at least 3, and it will then be able to raise a number to any power up to 3 by

calibrations are made in per-cent of full scale. An alternate method of calibration would be to measure R_2 and R_3 with an accurate bridge and then to divide up these resistances logarithmically. The meter, in turn, could then be calibrated from either potentiometer as a standard.

TABLE 1.

Table of values used in calibrating the meter when the 10 volt scale is used. Note that the v.t.v.m. scale values are 10 times the log of new scale values.

V.T.V.M. Reading volts	New Scale
0	1
3.01	2
4.77	3
6.02	4
6.99	5
7.78	6
8.45	7
9.03	8
9.54	9
10.00	10

Example

Now that the calibration has been discussed it is felt that a simple multiplication problem will demonstrate its operation, at the same time pointing out the scale-switch function more precisely. Say the product of 2 times 3 is required. Set the left dial on 2 and the right dial on 3. Voltage will then be 3.01 volts at the left potentiometer and 4.77 volts at the right potentiometer. The meter will read their sum as 7.78 volts, but since the meter scale is calibrated logarithmically it will indicate the number 6. The procedure would be used for 20 times 3, but of course the user must supply the decimal point just as with the mechanical slide rule.

Suppose the product of 4 times 6 is needed. Here is a combination that will make the

meter go off scale since it will try to read 6.02 plus 7.78, or 13.80 volts. This is where the scale switch comes into play. The switch action is the same as that of the mechanical slide rule when the right hand index on the C scale switch comes into play. The switch action is the same as that of the mechanical slide rule when the right hand index on the C scale (slider) must be used instead of the left one. Simply throw this switch and the meter will read 3.80 volts, or the number 2.4 on the new scale, which is 24 when the decimal is considered. This operation can be expressed by the equation

$$\log x - (1 - \log y) = (\log xy) - 1$$

Substituting the values of 4 and 6 for x and y gives:

$$0.602 - (1 - 0.778) = 1.380 - 1 = 0.380$$

Since full scale on the meter is 10, the meter will read 3.80 corresponding to 2.4 (or 24).

The scale switch also functions properly when dividing. No mental effort is required in either case, since the switch is in the correct position when the meter is on scale. One point worth mentioning about the multiply-divide switch is that since right-hand circuit contains this switch, the left-hand dial is the numerator and the right dial is the denominator.

Null Detector

For those who do not have a v.t.v.m. handy and since a high input impedance must be used to prevent loading, a null-indicator may be constructed as shown in Fig. 3. The dial of the potentiometer is calibrated logarithmically.

This circuit is theoretically superior to the v.t.v.m. since it draws no current when balanced and also its scale can be made larger and more accurate. However it necessitates the additional action of turning the knob of

Let us say that we wanted to multiply two numbers, x and y . We would adjust R_1 and R_2 so that $E_1 = \log x$ and likewise adjust R_3 and R_4 so that $E_2 = \log y$. The meter would then read $\log x + \log y$, or $\log xy$. Since the meter scale is calibrated logarithmically, the meter will indicate the answer directly as xy .

The circuit can be made to divide as well, by merely changing the polarity of one of the batteries so that meter will read the difference between the two voltages.

The practical Circuit ,

The schematic diagram is given in Fig. 2. The values shown were chosen to give an indication on the v.t.v.m. using a convenient scale, 10 volts in this case.

The components are not at all critical. Much lower voltage may be used if desired, depending on the v.t.v.m. used as the indicating instrument. This voltage should be high enough to deflect the meter to full scale. The resistors can have almost any value as long as they are high enough not to draw excessive current from the batteries and low enough so that they are negligibly small compared to the v.t.v.m.'s resistance.

A brief description of the function of each component follows: Referring to Fig. 2, R_1 and R_4 are used to adjust the voltage across R_2 and R_3 respectively, where R_2 and R_3 represent the two voltage dividers mentioned previously in Fig. 1. S_1 is the power switch. S_2 is the battery polarity reversing switch (for dividing), and S_3 is the scale switch, whose function will be fully explained later. In brief, its function is to keep the meter on-scale.

Calibration

Calibration of the instrument may be accomplished in several ways. The simplest is to use the v.t.v.m. as a standard. However, the accuracy of the unit can be no better than the accuracy of the meter. The procedure is

as follows: Referring to Fig. 2, connect the v.t.v.m. to output terminals. Then switch it to the 10 volt scale. Set S_2 to the "multiply" position and set S_3 to position A. Turn R_2 to zero and R_3 to the maximum position. Now adjust R_4 until the meter reads exactly full scale. Then return R_3 to zero. This is the number one on the dial scale, which is being Calibrated, logarithmically. In short, 10 volts has been set up across R_3 and its dial face is ready for calibration.

The calibration process is straight-forward. By the use of Table 1, all the numbers on the linear meter scale are projected to their corresponding antilogs on the new scale. Table 1 shows the values of the common (base 10) logarithms. For greater accuracy, or if smaller increments are desired, consult any table of common logarithms. Having thus calibrated the meter, set up 10 volts or R_2 as has been explained for R_2 . It is now merely necessary to transpose each number of this new meter scale to each of the potentiometers, namely R_2 and R_3 . This is done by setting one of them to zero and then bringing the other one up slowly, stopping at each integer to mark the dial plate. After this is done, repeat the process on the other dial plate.

To illustrate more specifically, a couple of calibration points will be demonstrated.

(a) Adjust R_2 to zero, set R_3 until the meter reads log 2 times full scale, or 3.01 volts, and put a mark at this potentiometer setting. This mark will be the number 2 on the dial scale.

(b) Next adjust R_3 until the meter reads log 3 times full scale, or 4.77 volts. This potentiometer position will be the number 3 on the dial.

Repeat this process on up to 10. Having thus calibrated R_3 on the right side of the instrument, set it to zero and set R_2 on the left side to maximum and repeat the calibrations.

It may be pointed out that any meter scale can be used for this instrument, as long as

ELECTRONIC MULTIPLICATION AND DIVISION THE EASY WAY

By

FRANÇOIS F. BEHMANN

CONSTRUCTION DETAILS ON A SIMPLE DEVICE WHICH WILL MULTIPLY OR DIVIDE TWO NUMBERS USING MECHANICAL SLIDE-RULE PRINCIPLES.

The electronic device discussed multiplies or divides two numbers by using the same principle as that of the common mechanical slide rule. This principle can be stated by the following two equations :

$$\begin{aligned}\log x + \log y &= \log xy \\ \log x - \log y &= \log x/y\end{aligned}$$

Thus, if we add the logarithms of two numbers and take the antilog of the sum, we will have product of the numbers. On the other hand, subtracting the logarithms of the two numbers and taking the antilog of this difference, yields the quotient.

This process is accomplished electrically by means of two linear potentiometers and a v.t.v.m. whose scales have been calibrated logarithmically. Although the potentiometers used for the first model only yielded about 10 inches of scale expansion, multiple turn potentiometers can be used which would yield the equivalent of a slide rule several feet long.

How It Works :

The basic circuit is shown in Fig. 1. It can be seen that the meter will read the sum of E_1 and E_2 ,

Where

$$E_1 = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] B_1$$

and

$$E_2 = \left[\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right] B_2$$

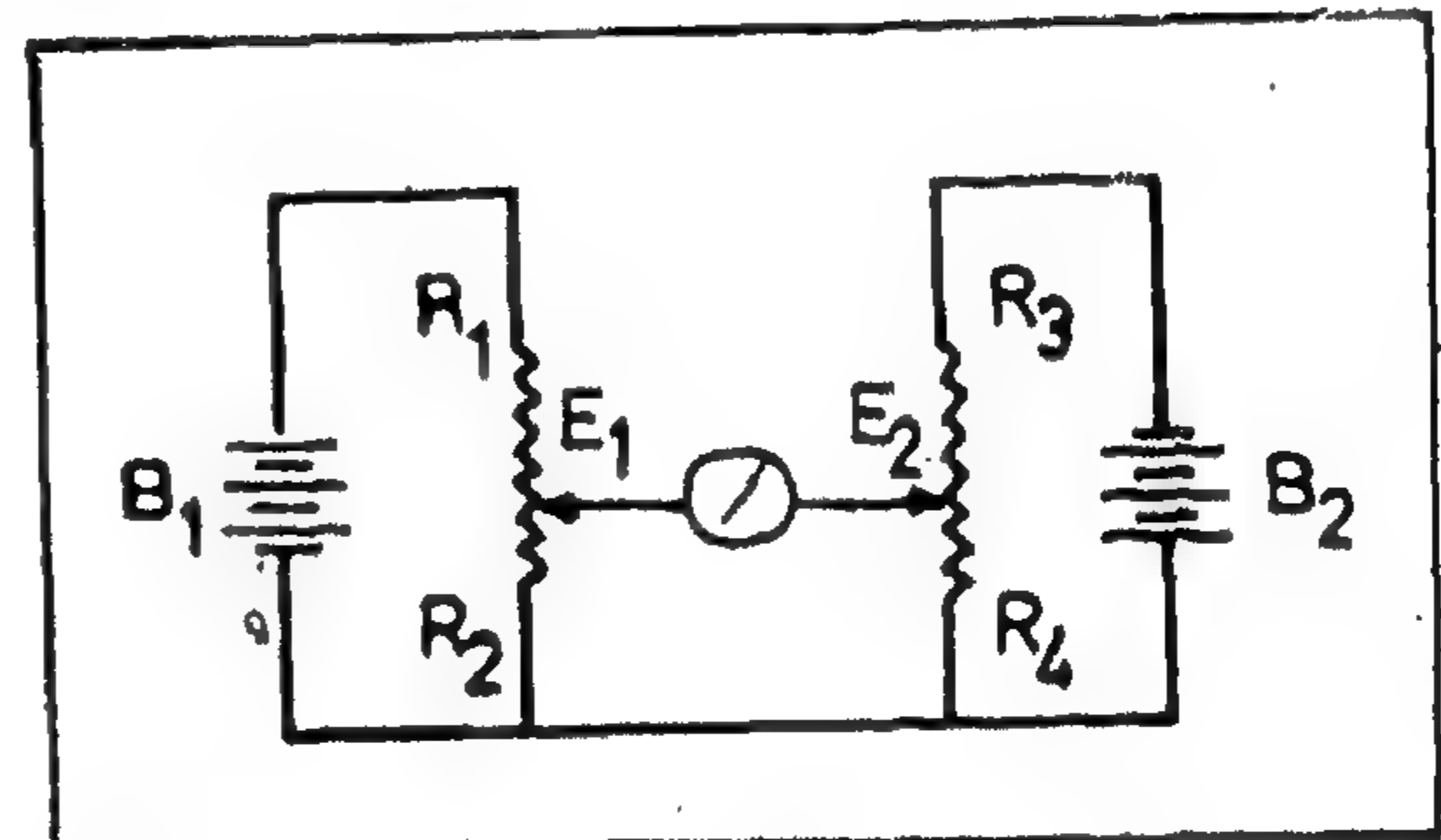


Fig. 1. The basic circuit.

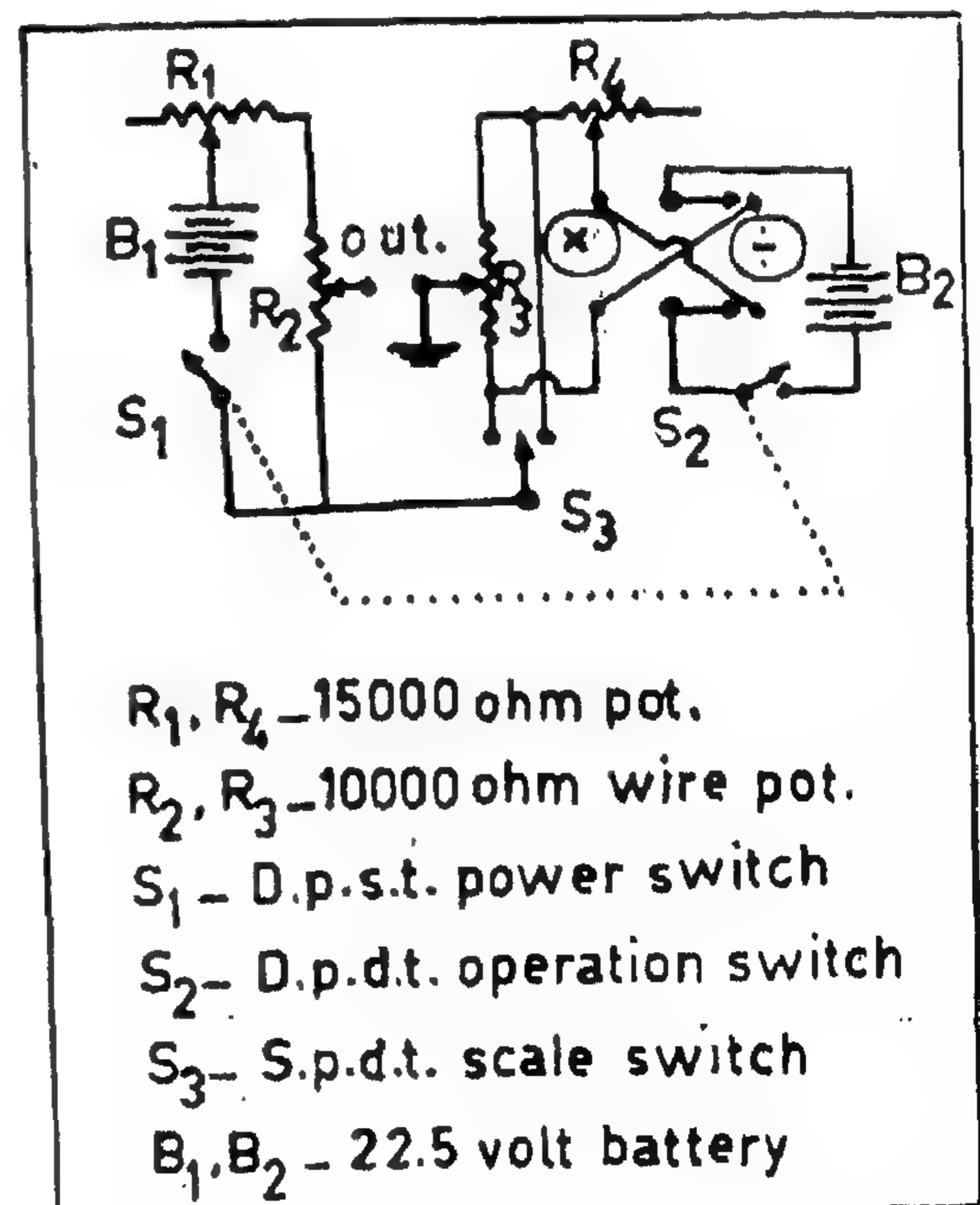


Fig. 2. Schematic diagram

The experimental investigations in the Telex Exchange of Munich show that the mean holding time of a teleprinter call is about 2.5 min. The number of repetition is about 100 % of the successful calls. As about 2.5 min. The number of repetitions is already mentioned these repetitions or unsuccessful dialing trails are of very short holding time and therefore contribute very little to the value of the offered teleprinter traffic. The mean holding time in case of teleprinter traffic will be

$$t_m = \frac{t_s + t_r}{2}$$

where

t_s = mean value of a successful teleprinter call

= 150 sec.

t_r = mean value of a repetition call 4 to 8 sec.

Since (t_s) is too much bigger than (t_r), the mean holding time for the whole offerent

traffic can be considered as half of the duration a successful teleprinter call.

$$t_m = \frac{t_s}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ sec.}$$

about 4000 calls have been measured during the investigations for the repetitions and mean holding time.

The following investigations deal with the distribution function for the holding time, in order to find out, if this holding time would have an exponential distribution,

$$G(t) = e^{-t/T_m}$$

For this purpose the same graphical method will be used as in the case of call intervals.

Using the list of the holding time, a table is made, where for each holding time the sum per cent is written. The relation between holding time and cumulative sum percent is obtained log paper in the form of a straight line, whose slope is $1/t_m$.

TABLE FOR HOLDING TIME

Telex Exchange for Munich

Full availability with 7 line, outgoing traffic.

t_x (sec)	M_x	M_x %
0	193	100
60	82	41
90	50	25
102	42	21
200	14	7
318	3	1,5

Through the graphical representation we get a straight line having a slope = $1/75$.

Mean Holding - time $t_o = 75$ seconds.

Distribution function for the holding time

$$G(t) = e^{-T/75}$$

5.4 Lost calls and influence of repetitions

All calls are traced on the recording wax-paper of the Maihak apparatus. After measurement the calls are counted. Accordingly, the loss can be found and statistically evaluated. Let C_0 be the number of the lost calls, and C the number of the successful ones. The loss of the full availability group will be

$$B = \frac{C_0}{C_0 + C}$$

The measured losses are more than in case of normal telephone traffic, which is due to the accumulation phenomena in teleprinter traffic.

An important phenomena that contributes to the accumulation affect in teleprinter traffic are the repetitions or the dialing trials that do not lead to a successful connection between subscribers. These consist of very short calls and therefore represent only a very small portion of the teleprinter offer.

The holding time of an unsuccessful dialing trail depends on the switching stage where no free outlet could be found. This will reach a maximum value in case the called subscriber is found to be busy or in case of a false connection. The flow of repetitions will be recorded on the recording wax paper of the Maihak apparatus and its effect on the switching of the whole teleprinter traffic will be considered.

The receptions play a great part in the switching of teleprinter traffic, since it is to be taken in consideration that the telex subscriber repeats his dialing trails in case of busy calls. In all of the experimental investigations the number of repetitions or unsuccessful dialing trails is about 100 % of the successful calls. This fact is ascertained by the measurements of the German Federal Post Office.

Although the repetitions have only a negligible influence on the value of the offer, they set the switching equipment and transmission lines for repeated short periods into

operation, in which case more lost calls may take place.

For a switching group the switched repetitions represent an additional load, which is practically of no value. The experimental investigations show that the repetitions increase the accumulation phenomena in the automatic switching of teleprinter traffic, and influence the form of the distribution function of the call intervals and the mean value of the holding time considerably.

5.5 The Mean Holding Time

The holding time will be investigated by means of the experiments using the Maihak recording apparatus. The recorded calls are measured in mm, multiplied with the time scale 1 mm = 2 sec.), and written down in the form of a list.

Many series of measurements are then examined statistically by means of the sampling method, so as to get the true mean holding time (t_m) within certain reliable limits for a given statistical certainty. For this purpose an exponential distribution for the holding time will be assumed.

According to the sampling method, the reliable limits of the true value of the holding time for a given statistical certainty depends solely on the number of the measured calls. With 0,95 statistical certainty 1500 calls are to be measured in order to get the true mean holding time in the reliable limit 95-105 %.

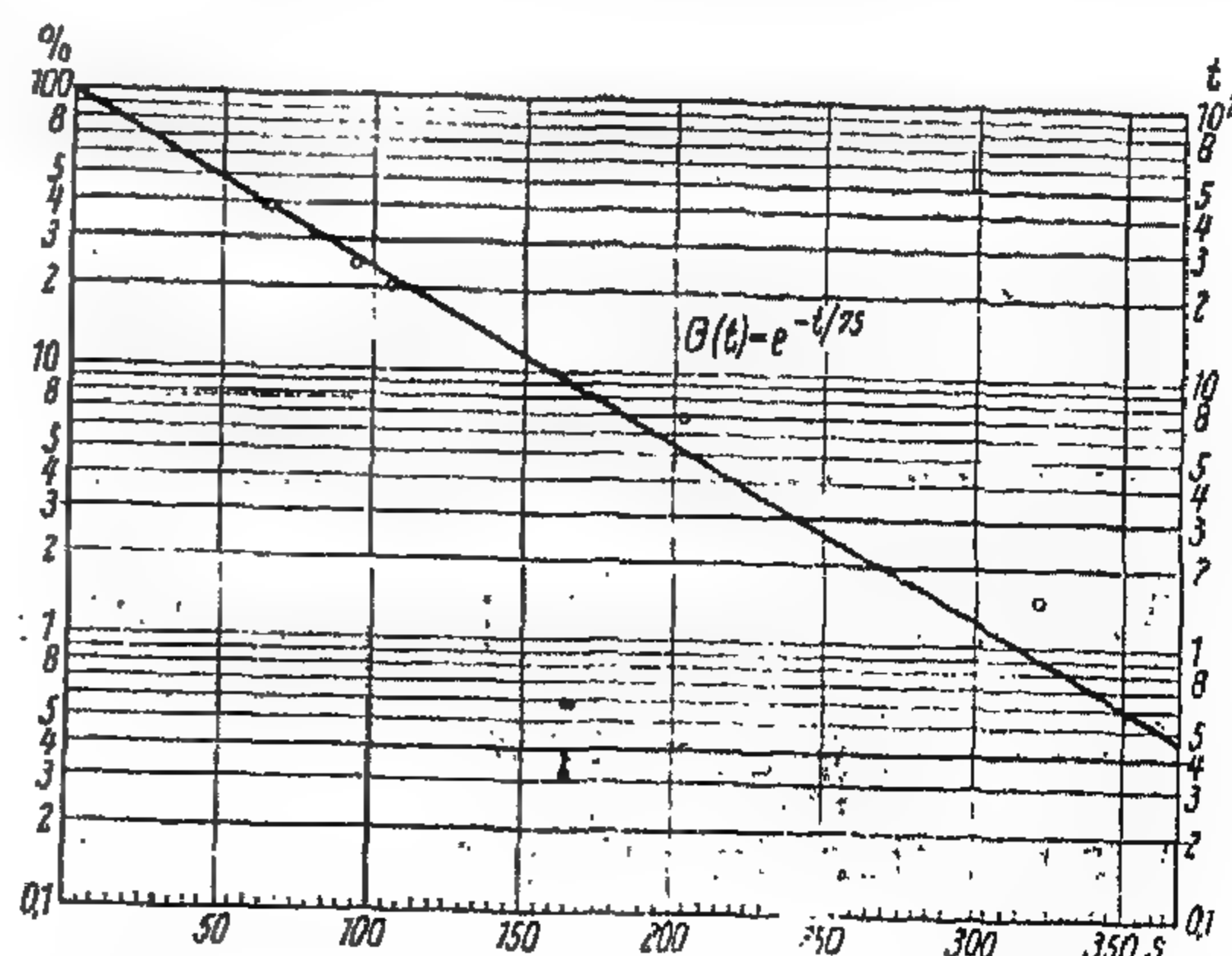


FIGURE 7.—Distribution function for the holding time.

5.3 The Distribution function for call intervals in Automatic Telex Exchange.

The Maihak recording apparatus is connected to a full availability group, one tracing system to each line. The busy case counter is connected to the last line of the group. On the wax paper of the recording apparatus the time distribution of all successful calls as well as of the busy calls is recorded. Through this time distribution the whole offer will be obtained. In the following step the distribution function of the call intervals will be obtained by means of a graphical method. Parallel to the straight lines which represent the calls on the recording paper a reference line is drawn which represents the time axis. By projecting the beginning of each call on the time axis we obtain the required distribution of the call intervals.

This method can be carried out in practice by using a drawing table. The recording paper will be horizontally fixed on the table. Since the wax-coated recording paper is very sensitive, it is recommended to cover it first with this transparent paper. The time axis will be parallel to the recorded calls. By means of this arrangement the beginnings of all calls during the busy hour including the lost calls, can be projected on the time axis (loaded axis). Multiplying these intervals with the time scale (1 mm = 2 sec.) we get these in seconds. The call intervals are then written in the form of a list.

In order to find out if the distribution of the call intervals corresponds to an accumulative distribution defined by

$$F(T) = \lambda_1 e^{-T/a_1} + \lambda_2 e^{-T/a_2}$$

a graphical method will be used. This method provides first of all a criterium to examine the possibility of a random distribution for the call intervals

$$F(T) = e^{-T/a_m}$$

Since on logarithmic paper no straight line can fit through the points, a random distribution can not be accepted.

A curve will be fitted through the points which correspond to an accumulation distribution mentioned above.

By means of the experimental investigations of the distribution function for call intervals, it has been established that the accumulation factor in cases of $\lambda_1 = 0.1$ and $\lambda_2 = 0.9$ is independent of the offer and tends in the limit to the value $H = 1.5$. This corresponds to the ratio $a_1 = 4.5 a_2$, in which case the share of the second partial collective in a_m is twice that of the first partial collective.

This allows to calculate a_1 and a_2 directly from a_m .

$$\begin{aligned} a_m &= \lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2 \\ &= 0.1 a_1 + 0.9 a_2 \\ &= 0.1 a_1 + 0.9 \frac{a_1}{4.5} \\ &= 0.1 a_1 + 0.2 a_1 \end{aligned}$$

This yields

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{10}{3} a_m \\ a_2 &= \frac{20}{27} a_m \end{aligned}$$

Using these results we succeed to represent the distribution function for call intervals in case of teleprinter traffic in a standard form:

$$F(T) = 0.1 e^{-\frac{3}{10} T/a_m} + 0.9 e^{-\frac{27}{20} T/a_m}$$

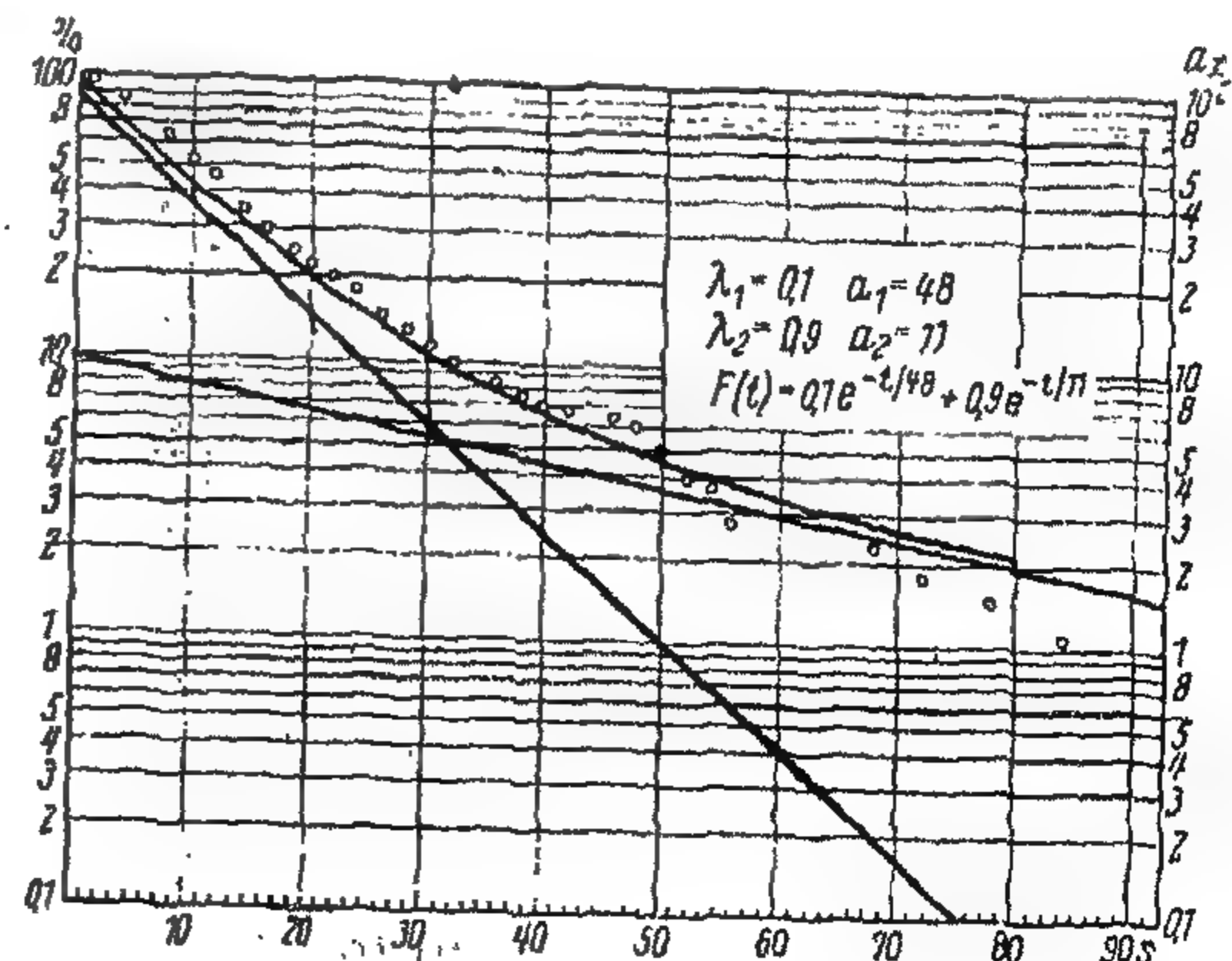


FIGURE 6.—Distribution function for call intervals.

2. The connection of the measuring equipment to the switching system is simple and does not disturb the traffic.

Therefore this experimental procedure can be carried out under all circumstances.

In registering the flow of the printer traffic the wax recorder MSS I of Maitak AG., Hamburg, has been used as a time tracing apparatus. The loss measurements were made by means of the "counter of busy cases in the teleprinter automatic switching system TW 39, produced by Siemens & Halske AG., Germany.

The counter was connected to a recording system of the multitracing recorder in order to obtain the distribution of the lost calls in this case. Since the pulses given by the counter last only a very short time, a pulse stretcher circuit has been used where a short pulse is released. Relay receives the short pulses and provides longer pulses through its contacts to the recording apparatus.

All the registrations which are carried out, deal with the outgoing traffic. Should there be also some lines acting in both directions beside the full availability outgoing group, then these double-acting lines must be divided in such a manner, that half of them would be added to the outgoing group and the rest to the incoming group. The double acting lines that are to be added to the outgoing groups must be blocked in the opposite exchange for the originating traffic, so that the traffic would only flow in one direction. The lines which are to be added to the incoming group must be blocked for the outgoing traffic in the considered exchange. Accordingly the whole offered outgoing traffic can be obtained and registered. At the same time the loss of this whole offer will be measured and recorded.

5.2 Registration of the accumulation phenomena

The distribution of the number of lines that are simultaneously engaged by tele-

printer traffic demonstrates directly the accumulation phenomena in the automatic switching of teleprinter traffic.

During this experimental investigation of the accumulation phenomena the number of lines of the full availability group should be taken so big, that no calls would get lost. This means that the load of the switching group is equal to the offered traffic. In this way the whole offer of teleprinter traffic will be recorded in order to be able to investigate the accumulation phenomena.

In this registration a strong accumulation of the simultaneously busy lines can be noticed. The calls do not have in this case a random character, but fall in an accumulation manner. This accumulation phenomena in the automatic switching of teleprinter traffic is similar to the case of overflow telephone traffic. Overflow telephone traffic does not possess the random character of the original undivided telephone traffic offer. In this case the distribution of the simultaneously busy lines shows clearly an accumulation phenomena as is the case of teleprinter traffic. Therefore both of the over-flow telephone traffic and teleprinter traffic are designated as accumulation traffic.

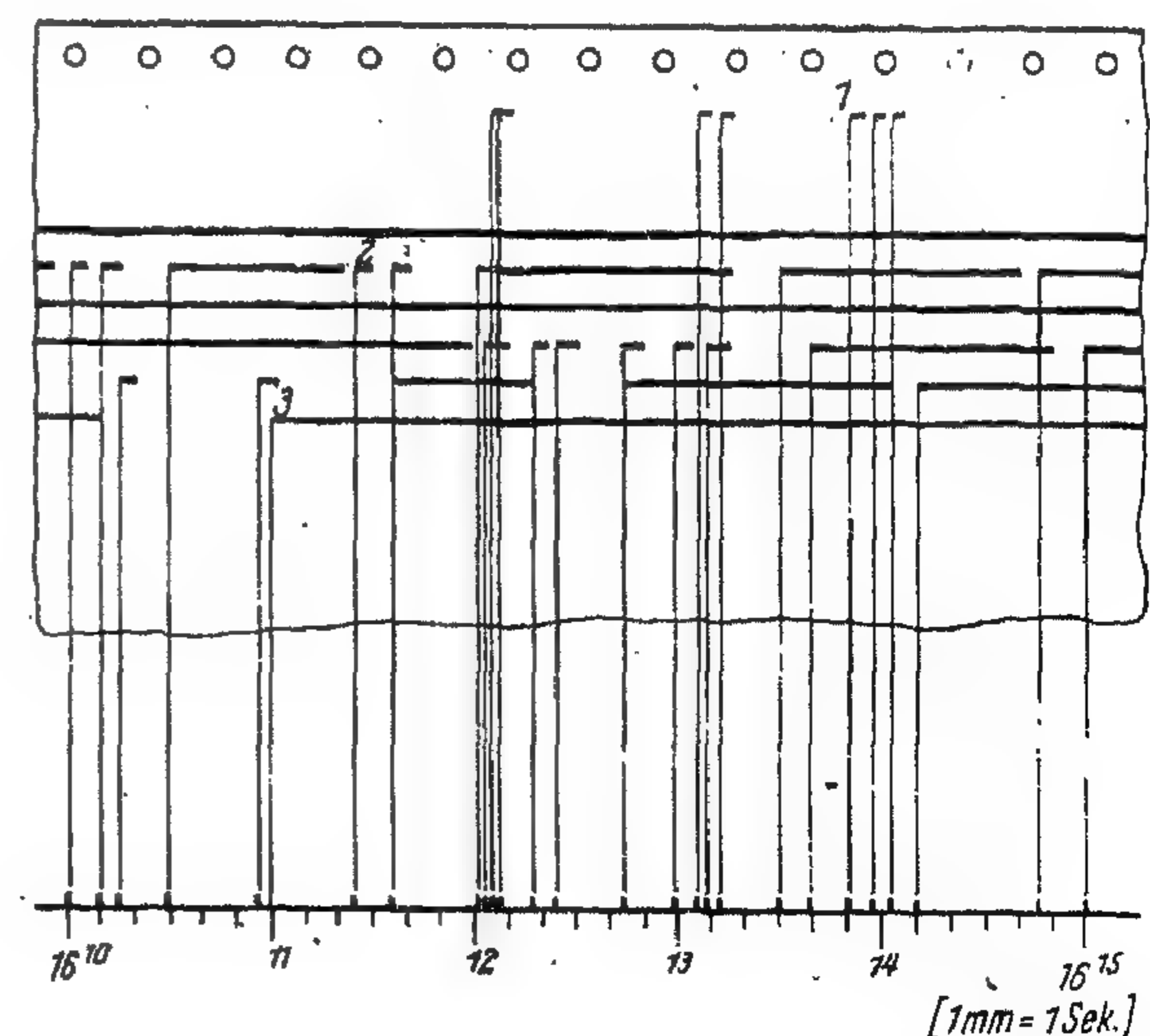


FIGURE 5.—Evaluation of the recording of the call intervals. (1) Lost call; (2) Repeated dialing trials (3) Connection.

1. Random traffic, defined by its distribution function for the call intervals:

$$F(t) = e^{-t/a_m}$$

This random distribution is represented on half logarithmic paper by a straight line.

2. Accumulations Traffic, defined by its distribution function for the call intervals:

$$F(t) = \lambda_1 e^{-t/a_1} + \lambda_2 e^{-t/a_2}$$

This accumulation distribution is represented on half logarithmic paper by a curve.

A well pronounced random traffic is the normal telephone traffic. This traffic must be a whole offer i.e. not an overflows traffic or a summation of overflow traffics. In this case holds the loss formula of Erlang. Therefore, an offer of such traffic will be called "Erlang's Offer".

Accumulation traffic are teleprinter traffic and all forms of overflow traffic. In all these cases, the loss formula of Erlang does not hold. An offer of such traffic will be called and "accumulation offer".

The accumulation factor is a function of λ_1 . The value of λ_1 lies within the limits of $0 < \lambda_1 < 1$, and is calculated through the asymptote of the distribution function for the call intervals as it tends to $+\infty$. Should we have the limit values $a_1 = a_2 = a_m$, then we obtain the random traffic (1) as a limit condition of the accumulation traffic (2).

$$\lambda_1 + \lambda_2 = 1$$

$$a_m = \lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2 = (\lambda_1 + \lambda_2) a_m$$

Therefore, the accumulation factor

$$H = \ln \left(\frac{a_1}{a_2} \right) = \ln \left\{ \frac{a_1}{a_m - (a_1 - a_2) \lambda_1} \right\}$$

may have the values

$$H = 0 \text{ for random traffic } (a_1 = a_2)$$

$$H > 0 \text{ for accumulation traffic } (a_1 > a_2)$$

The value of the accumulation factor H in case of teleprinter traffic depends on the following accumulation phenomena:

1. Accumulation of Telex messages in the sub. office;
2. Accumulation of successful calls;
3. Accumulation of repetitions i.e. useless dialing trials.
4. Accumulation of busy cases.

5. Measurements

5.1 Method of Measurement

A measurement method based on individual recording has been used for the systematic investigations in the automatic switching of teleprinter traffic. The distribution of calls and their intervals for a whole offer of teleprinter traffic through a full availability group has been taken by means of a multi-system wax recorder (time tracer). This method makes it possible to fix the flow of traffic so as to make a consideration of different features of teleprinter traffic simultaneously. Therefore this method is suitable for investigating the accumulation phenomena which are characteristic for teleprinter traffic. Further this provides means to reconstruct the flow of traffic, which gives this method the precise scientific character. Although the evaluation of the experimental results is tireful in this case, two merits justify this method:

1. Normal, accessible recording equipment can be used, without the use of complicated auxiling measuring equipment.

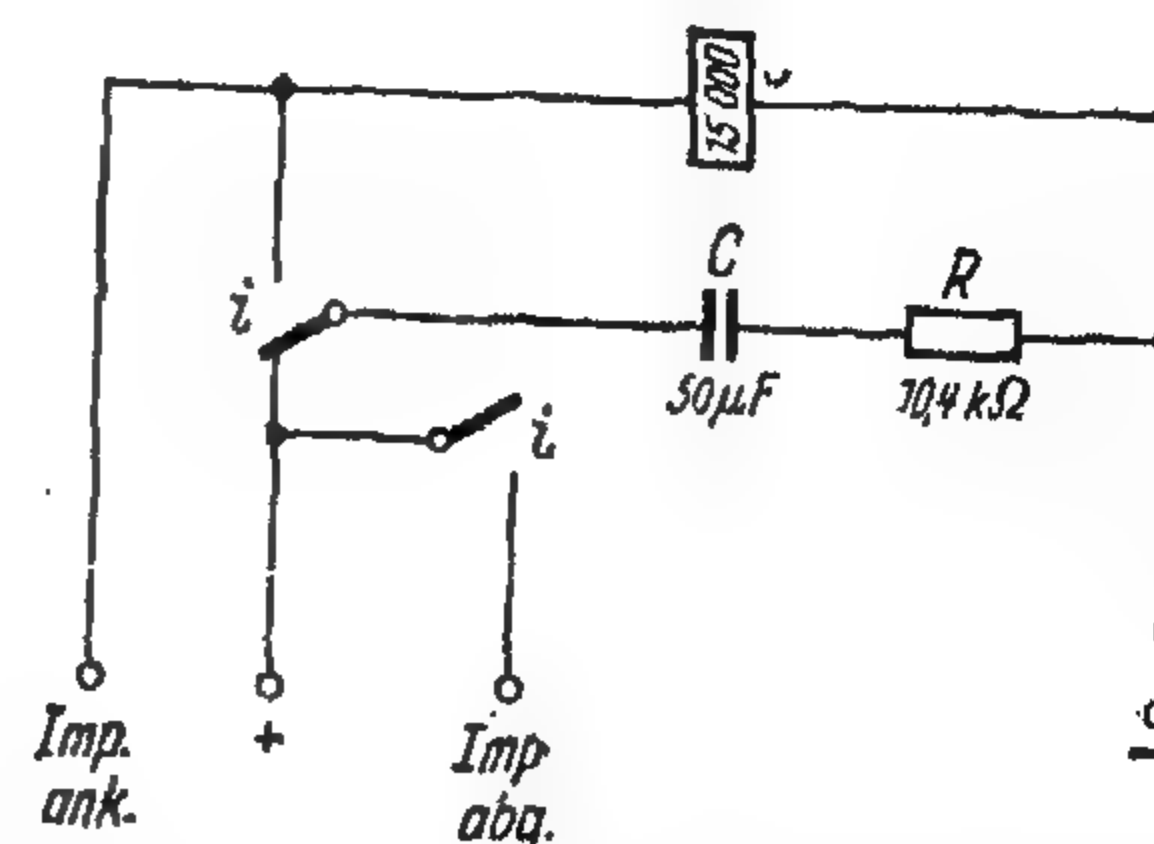


FIGURE 4.—Impulse stretching circuit.

ferent intervals, one of them being much smaller than the other. This phenomenon is due to the fact that the calls in teleprinter traffic do not fall at random as in the case of telephone traffic.

3. Distribution Function of the call intervals

The above observations must be basically taken into account in order to reproduce a model for the distribution of calls in teleprinter traffic.

It has been so far experimentally established, which features has the flow of teleprinter traffic through the different switching stages. The main characteristic of these features is the accumulation of calls. Further this experimental investigation provide a criterium and respectively a measure for the accumulation phenomena, namely that the teleprinter traffic from the subscriber as well as through the different switching stages has mainly 2 different call intervals

A model distribution has been established on these basis. The call intervals are to be statistically considered as the elements of a compound collective, that consists of 2 partial collectives. The 2 partial collectives have 2 different mean values, a_1 and a_2 . Let the portion of the 1st partial collective be λ_1 and the portion of the 2nd partial collective be λ_2 .

Hence we get the relation

$$\lambda_1 + \lambda_2 = 1$$

The mean value of the call intervals i.e. of the compound collective will be dependent on a_1 , a_2 and λ_1 , λ_2

$$am = \lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2$$

Accordingly, the compound collective for the call intervals in teleprinter traffic has a distribution function of the form

$$E(t) = \lambda_1 e^{-t/a_1} + \lambda_2 e^{-t/a_2}$$

This distribution function describes the flow of teleprinter traffic in a certain time

interval, namely during the busy hour. In this distribution dominates at first the first partial collective, i.e. the smaller call intervals. Later dominates the 2nd partial collective, i.e. the bigger call intervals.

If we draw the distribution function on paper with logarithmic divided ordinate axis, we get a curve that can be analysed in 2 straight lines. These two lines represent the 2 partial collectives with slopes a_1 and a_2 respectively. They cut the ordinate axis in the points $(0, \lambda_1)$ and $(0, \lambda_2)$.

4. Types of Traffic: Accumulation Factor

The quantities a_1 , a_2 as well as λ_1 , λ_2 fix the characteristics of teleprinter traffic. This expresses the accumulation phenomena, that were experimentally observed, in a quantitative manner. In case of teleprinter traffic a_1 , a_2 as well as λ_1 , λ_2 are characteristic figures beside the magnitude of the traffic that can be measured by means of an Erlang meter.

The factor

$$H = \log_0 \left(\frac{a_1}{a_2} \right)$$

will be called "accumulation factor".

This exposition for the problem of teleprinter traffic, which is based on experimental investigation, introduces 2 important definitions in the traffic theory of automatic exchanges. Accordingly there can be 2 types of such a traffic :

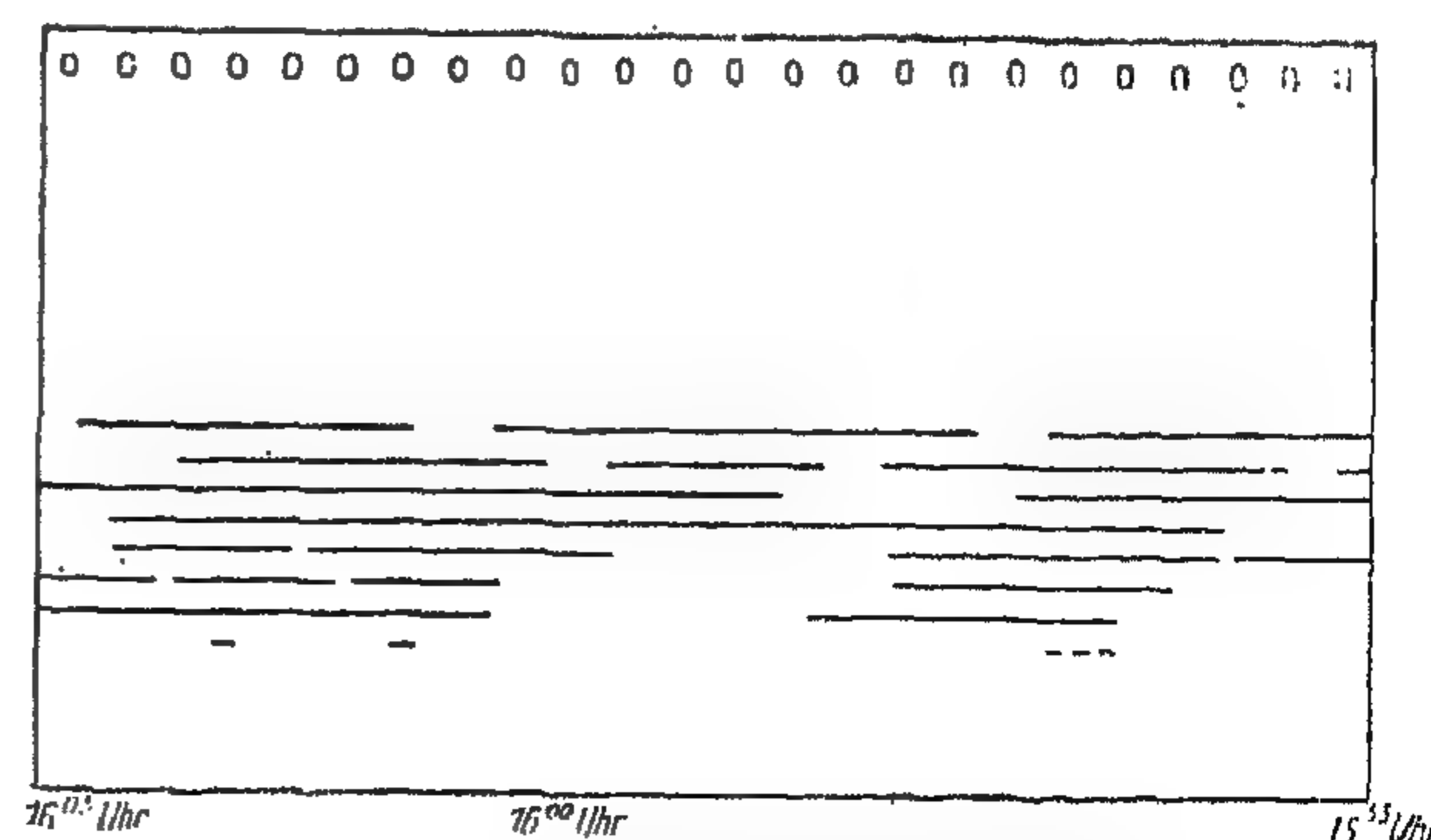


FIGURE 3.—Recording of the accumulation in Telex traffic.

this time. Further it must be expected that the telex subscriber mostly repeats his call in busy cases. Up to 200 dialing trials may be made for 100 calls. Switching equipment such as switches and trunk lines are therefore held without use and get extra load. This is why there are more loss calls in teleprinter traffic than in the case of telephone traffic.

Due to the business organisation of big subscribers, the telex messages are first collected and then sent successively. Therefore a well pronounced accumulation readily appears at the sending teleprinter of the subscriber.

Because of this accumulation, the calls do not fall at random as in the case of telephone traffic. This destroys a very important assumption made in the theories of automatic telephony, especially the loss formulas of Erlang. A criterium for the accumulation of calls in the automatic switching of teleprinter traffic must be found.

2. Traffic flow

A trial to investigate the inner form of teleprinter traffic has been made here for the first time. The effect of the mentioned factors on the distribution of traffic is experimentally examined. This is done by registering the fall of calls in the outgoing direction. These guiding experiments form the transition from the just qualitative to a quantitative analysis of the flow of teleprinter traffic through automatic exchange.

An ink recorder having 11 writing systems is used. Each system consists of a writing pen, an ink pot and an electromagnet. A synchronous motor transports the paper downwards. A straight line is drawn parallel to the datum line from the beginning to the end of each teleprinter call.

First of all, it is examined how the telex subscriber sends his calls to the exchange. The ink recorder is connected for this purpose to the subscriber circuit. This is achieved by

connecting a relays of high resistance to the metering circuit in the preselector bays. Eleven subscribers, mostly big subscribers, were connected dially at the same time from 8.00 to 18.00 hours. These experiments were made for the first time in the telex exchange of Munich in October and November, 1957.

It has been found from these registrations that the Telex subscribers originate their traffic in such a way that many calls are just separated by small intervals. The distribution of the subscriber traffic shows two different call intervals, which represent the accumulation phenomena in subscriber calls.

In January 1958 these experiments were once more continued in the Telex Exchange of Munich, so as to examine the distribution of the outgoing teleprinter traffic through different switching stages, namely:

(a) First group selector (to time-zone meter)

Bays 33-34, Row 38.

(b) Line selector,

Bays 10, 11 and 12

3000, 3100, 3200, 3300, and 3400.

An ink recorder was connected daily from 8.00 to 18.00 hours to the registration terminals of the first group selector and line selector respectively, one recording system being connected to each selector.

In the recorded traffic distributions appear again accumulation phenomena, that can be clearly recognised. The load through each selector consists of calls with mainly two dif-

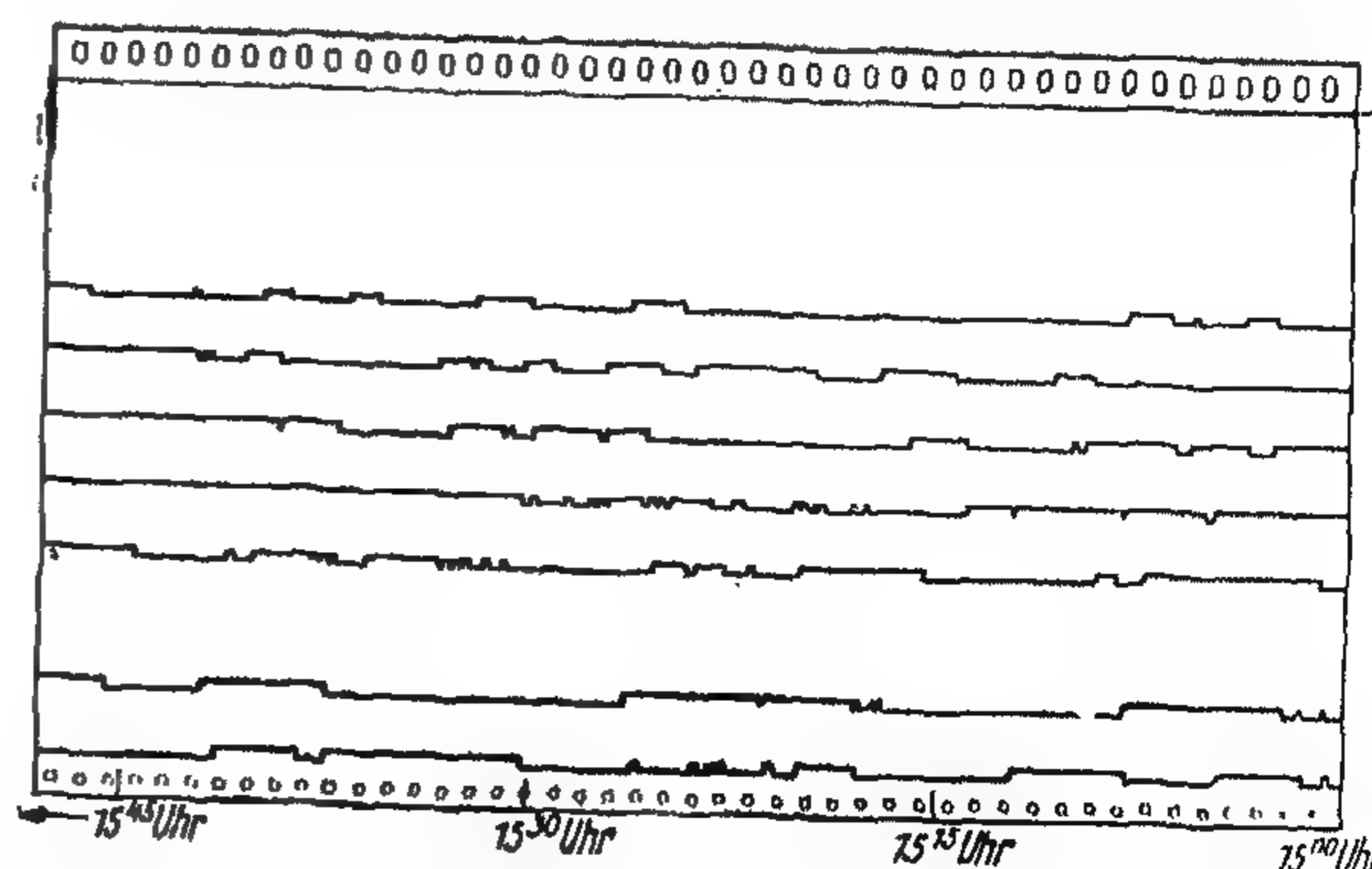


FIGURE 2.—Recording of traffic group selectors.

DISTRIBUTION FUNCTIONS OF THE TRAFFIC IN AUTOMATIC TELEPRINTER EXCHANGE

by

Dr.-Ing. FARID M. BADRAN

*Lecturer, Electrical Engineering Department,
Cairo University.*

In designing automatic teleprinter exchanges, the same theories have been used so far as in telephone practice. These theories, however, assume a random character of the traffic, which is not the case in teleprinter exchanges. This paper studies the problem and establishes new distribution functions which are to be used as basis for calculation of losses in automatic teleprinter exchanges.

1. Traffic and losses in Exchange

The introduction of teleprinters and voice frequency telegraph carrier systems since 30 years led to a fundamental reform in telegraphy. The top of this reform has been reached by using automatic switching techniques in telegraph service.

Since 1934 automatic exchange have been used in teleprinter subscriber service (Telex.). In many countries exists a separate network for telex subscribers. The form of these telex networks has been chosen in such a way to satisfy the characteristics of teleprinter traffic. These characteristics are completely opposite to those of telephone traffic. In telephone traffic the part of local traffic is greatly big (80 to 90 %). On the other hand, the part of trunk traffic in Telex service is decisively big (more than 90 %), which is generally the case in all forms of circulated written messages. Therefore a special network for long distance dialing has been very essential for the automatic switching of teleprinter traffic from the very beginning.

The teleprinter is a relatively costly apparatus. Therefore its costs are only justified

in case of subscriber who have dially much traffic. This is why most of the telex subscribers mostly use their teleprinters heavily. According to the statistics of the Post Office of the German Federal Republic, 10 % of the whole subscribers in West Germany originate about 40 % of the total Telex traffic. This group of subscribers is called "big subscribers" and plays a decisive part in the formation of telex traffic. The busy hours of all big subscribers fall generally at the same time, namely between 15.00 and 17.00 hours. Therefore, the lost calls accumulate about

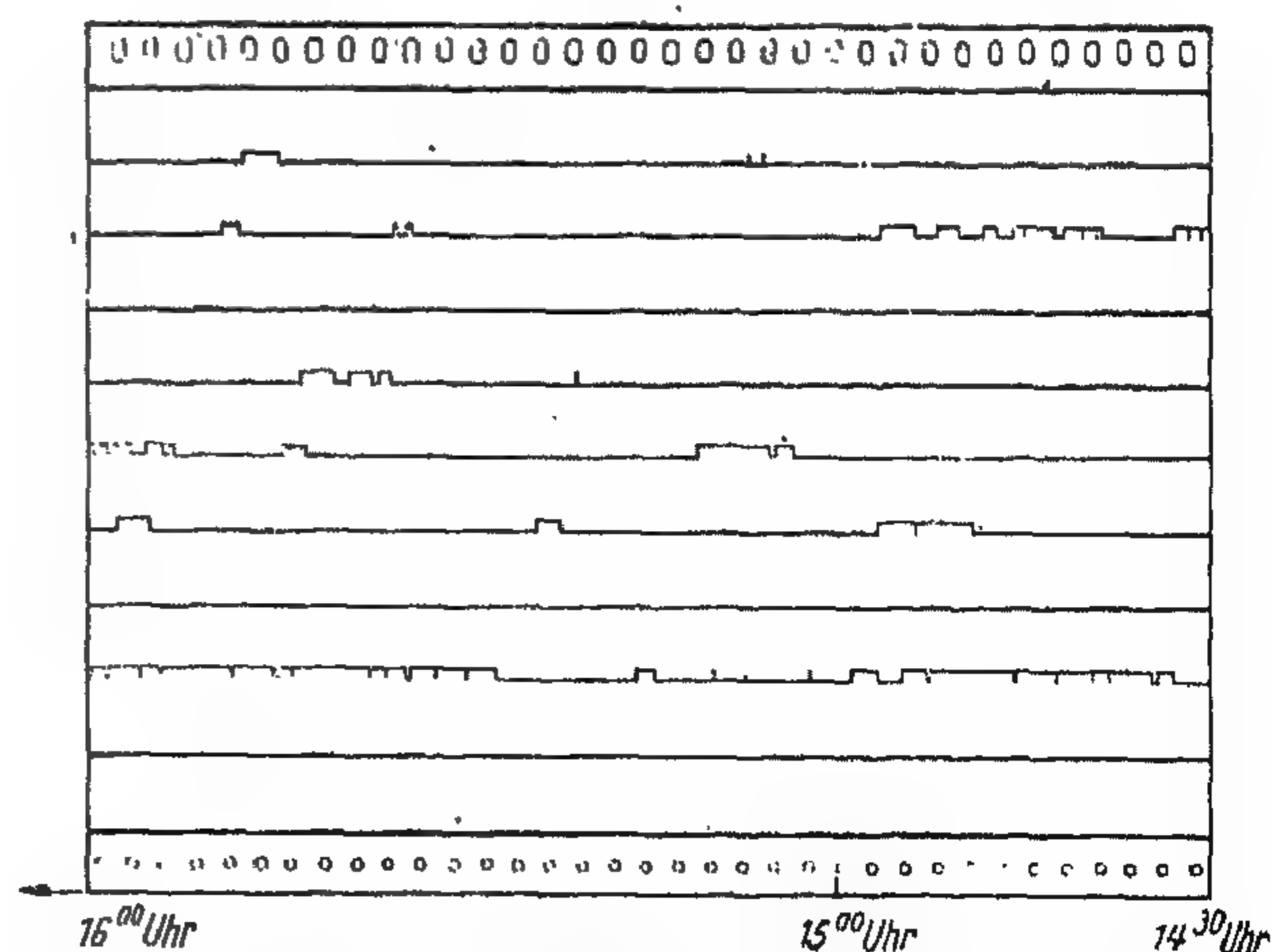


FIGURE 1.—Recording of subscriber traffic.

(8) REFERENCES

- (1) Richter, R.: "Elektrische Maschinen", Vol. V (Springer Verlag 1950).
- (2) Taylor, E. O.: "Performance and Design of A.c. Commutator Motors" (Pitman 1958).
- (3) Adkins, B., and Gibbs, W. J.: "Polyphase Commutator Machines" (Cambridge University Press, 1951).
- (4) Kesavamurthy, N. and Bedford, R. E.: "Torque-Angle Analysis of the Schrage Motor"—Proceedings I.E.E., Monograph No. 217 u, January 1957.
- (5) Gibbs, W. J.: "The equations and circle Diagrams of the schrage Motor"—Journal I.E.E., 1946, Vol. 93—Part I, p. 621.
- (6) Conrad, A. G., Zweig, F. and Clarke, J. G.: "Theory of the Brush Shifting A.C. Motor", Translations of the American I.E.E., 1941, Vol. 60, p. 829 and 1942 Vol. 61, p. 502.
- (7) Sheng, C. L.: "The equivalent circuit of the schrage Motor", Transactions of the American I.E.E., April 1954, Part II, p. 114.

Iron and Friction Losses of the Schrage Machine

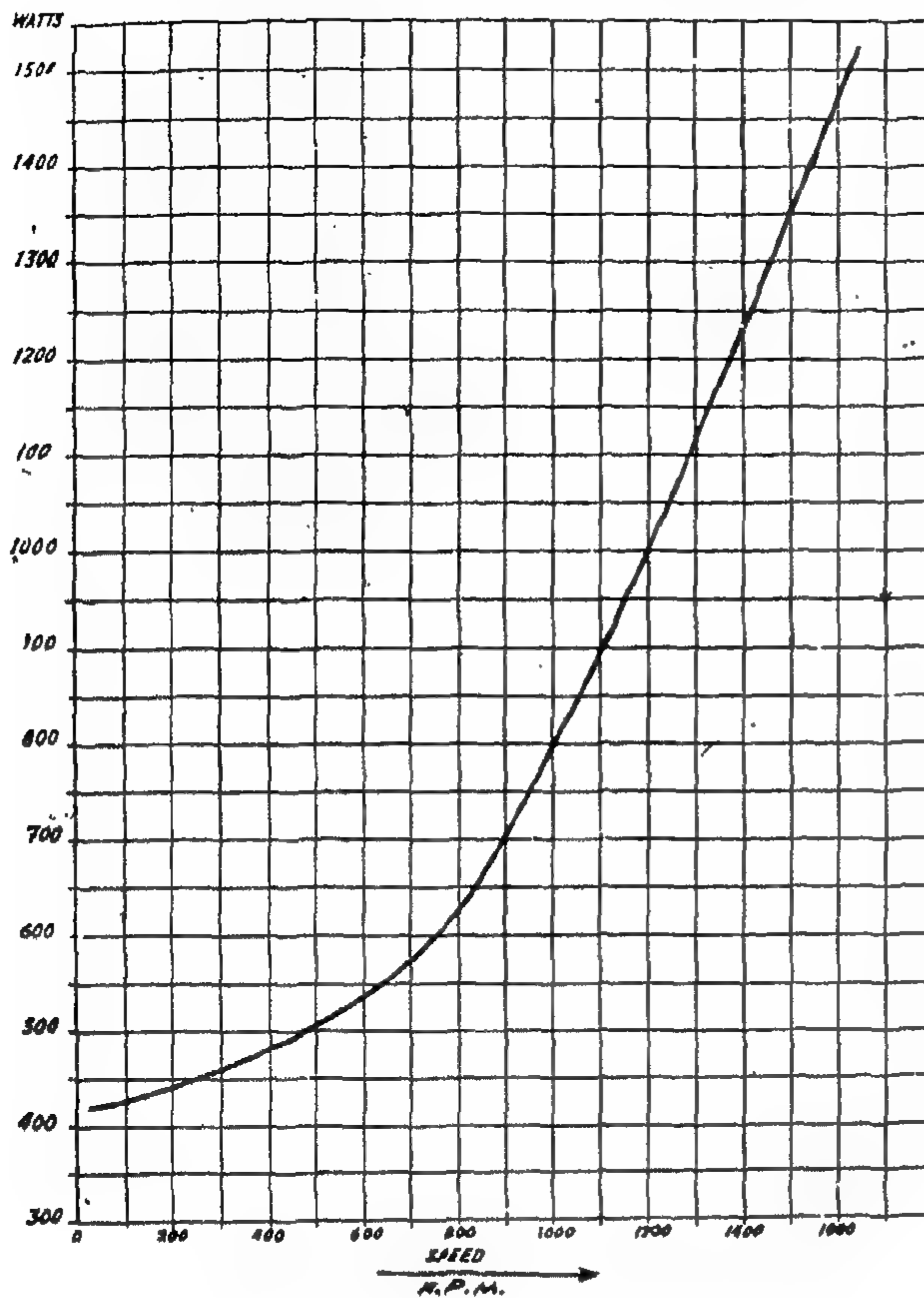


FIG. 10.

The iron and friction losses of the machine were measured and are given in figure (10). It should be noted that R_3 given above is the value of the resistance of the regulating winding per phase for a brush opening 2γ of 180° electrical. For other brush openings, it can be proved* that the value of R_3 is governed by the following relation:—

$$R_3 = R_{3(180)} \text{ for } 180^\circ \geq 2\gamma \geq 120^\circ$$

$$R_3 = \frac{2\gamma}{120} R_{3(180)} \text{ for } 120^\circ \geq 2\gamma \geq 0$$

\therefore For a brush opening of $2\gamma = 60^\circ$

$$R_3 = 0.445 \text{ ohm.}$$

PERFORMANCE CURVES

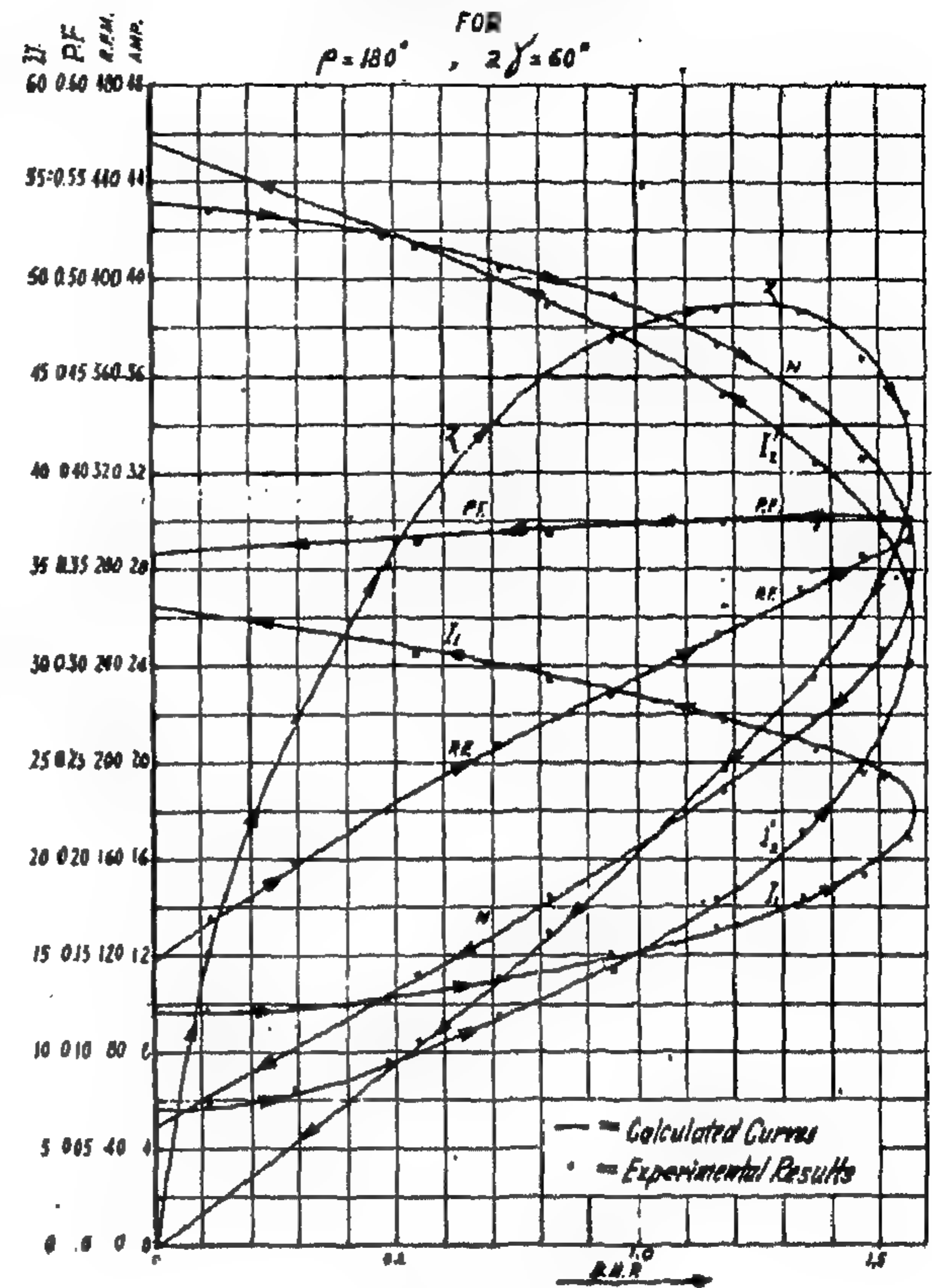
 FOR $\rho = 180^\circ$, $2\gamma = 60^\circ$


FIG. 11.

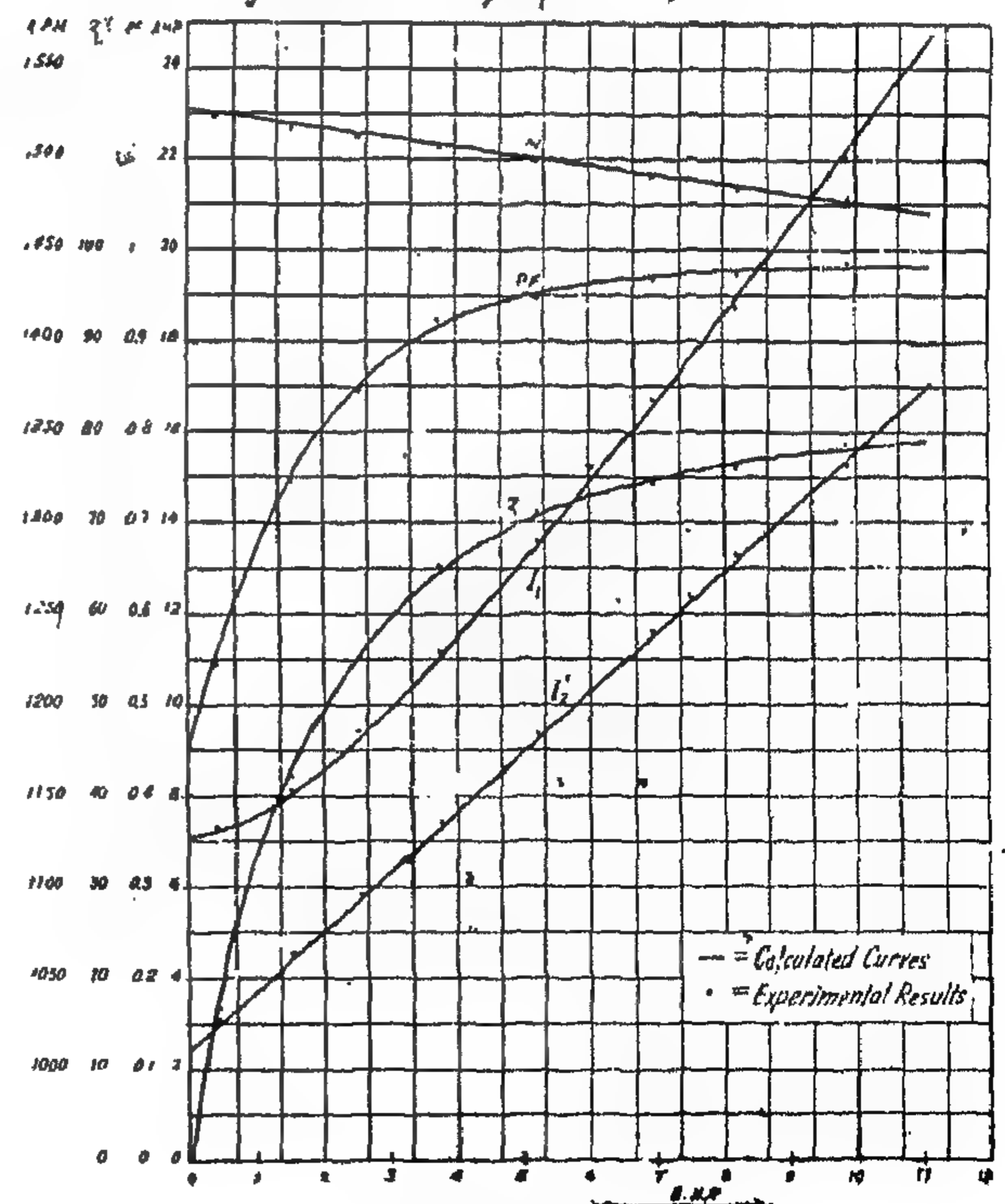
 Performance Curves for $\rho = 0$, $2\gamma = 60^\circ$


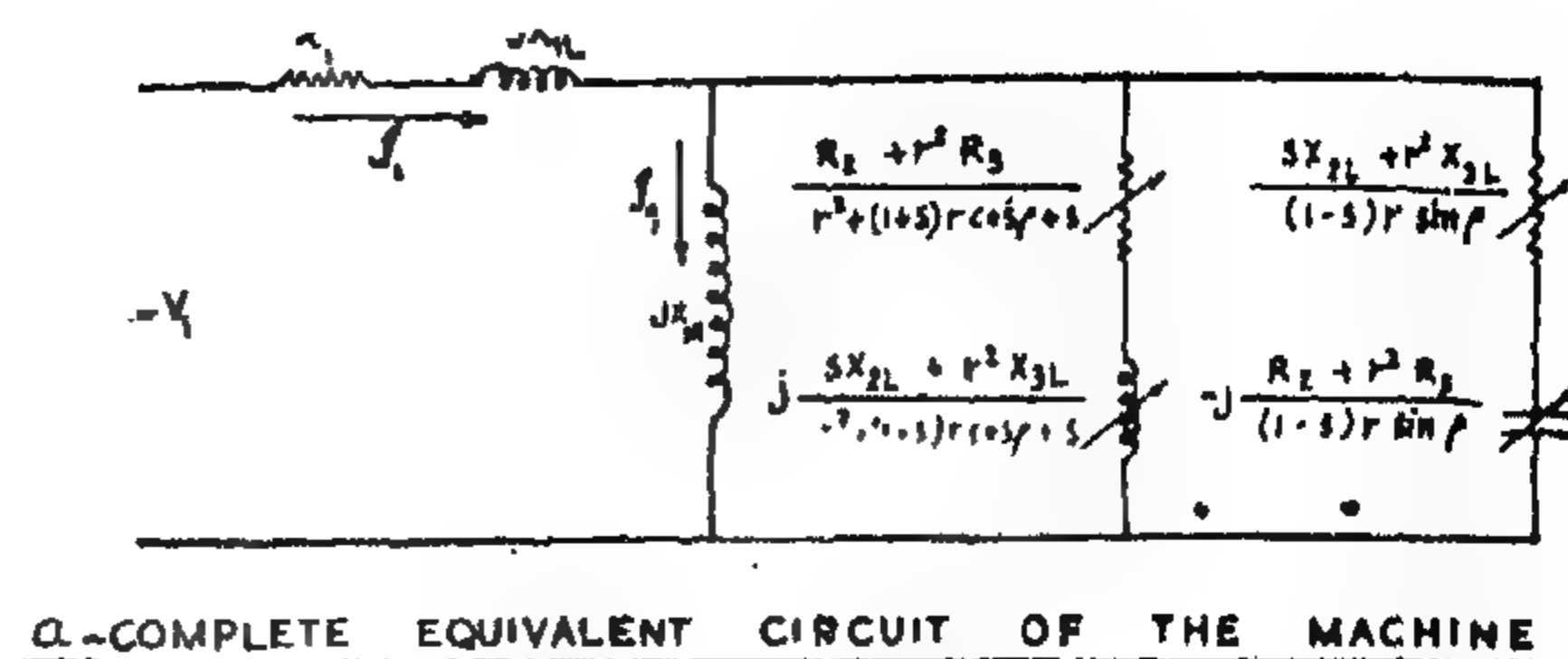
FIG. 12.

Equation (30) shows that the equivalent circuit of the machine is as that shown in figure (9-a). This circuit can be simplified if the resistive term in the right hand branch is neglected and considering the reactive part of it as a part of the magnetizing branch as shown in figures (9-b). Still a further simplification can be made by shifting the magnetizing branch to the supply terminals as is commonly done in induction motor analysis. This result is shown in figure (9-c).

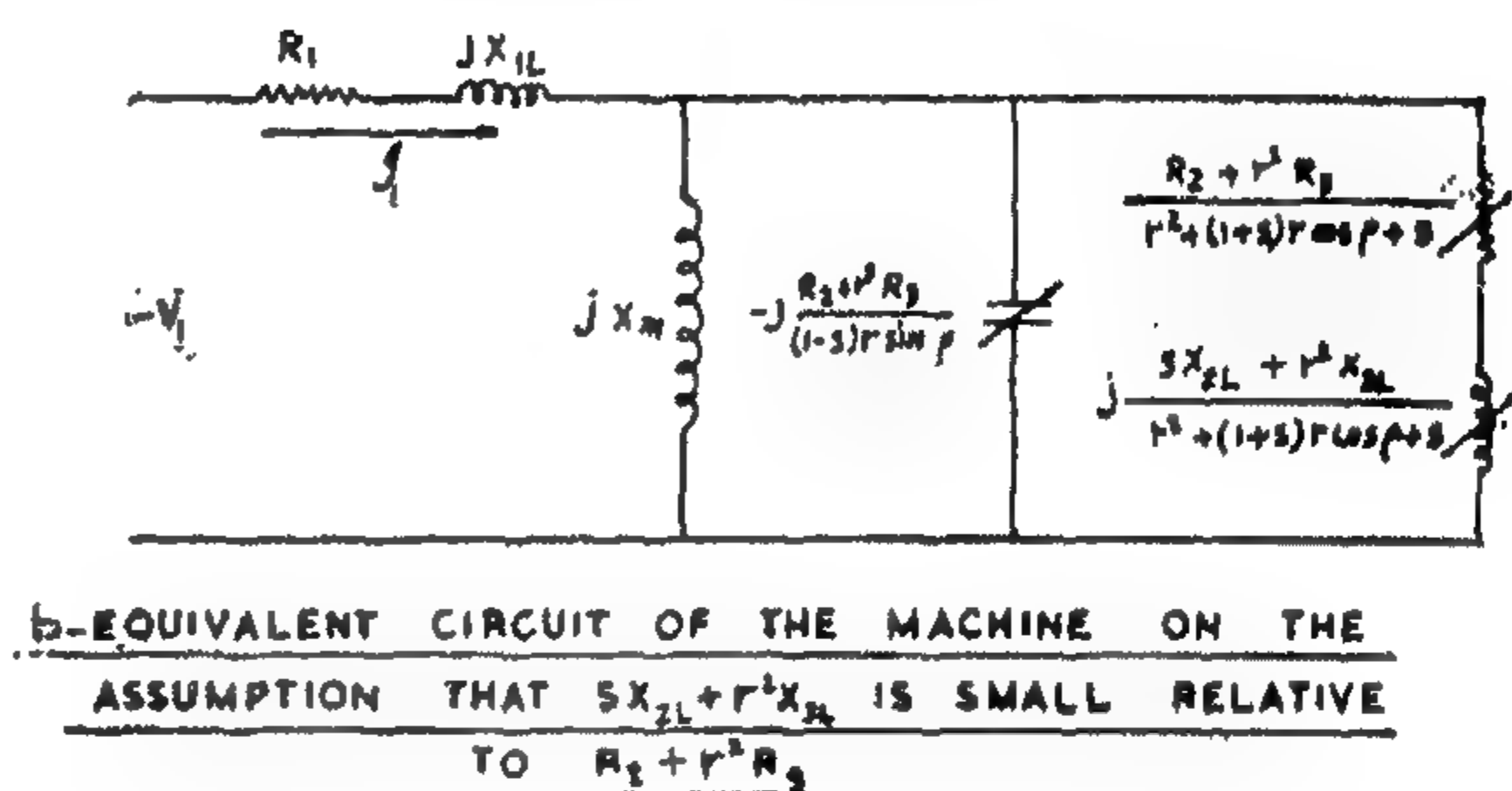
Now consider the variable capacitive term $-j \frac{R_2 + r^2 R_3}{(1-s)r \sin \rho}$. This term is capacitive as long as $\sin \rho$ is positive i.e., this term is capacitive for $0 < \rho < 180^\circ$ and inductive for $180^\circ < \rho < 360^\circ$.

\therefore For $0 < \rho < 180^\circ$, the P.F. of the machine is improved while in the range $180^\circ < \rho < 360^\circ$, the P.F. is poor. The relation between the angle " ρ " and the brush shift angle " σ " is:—

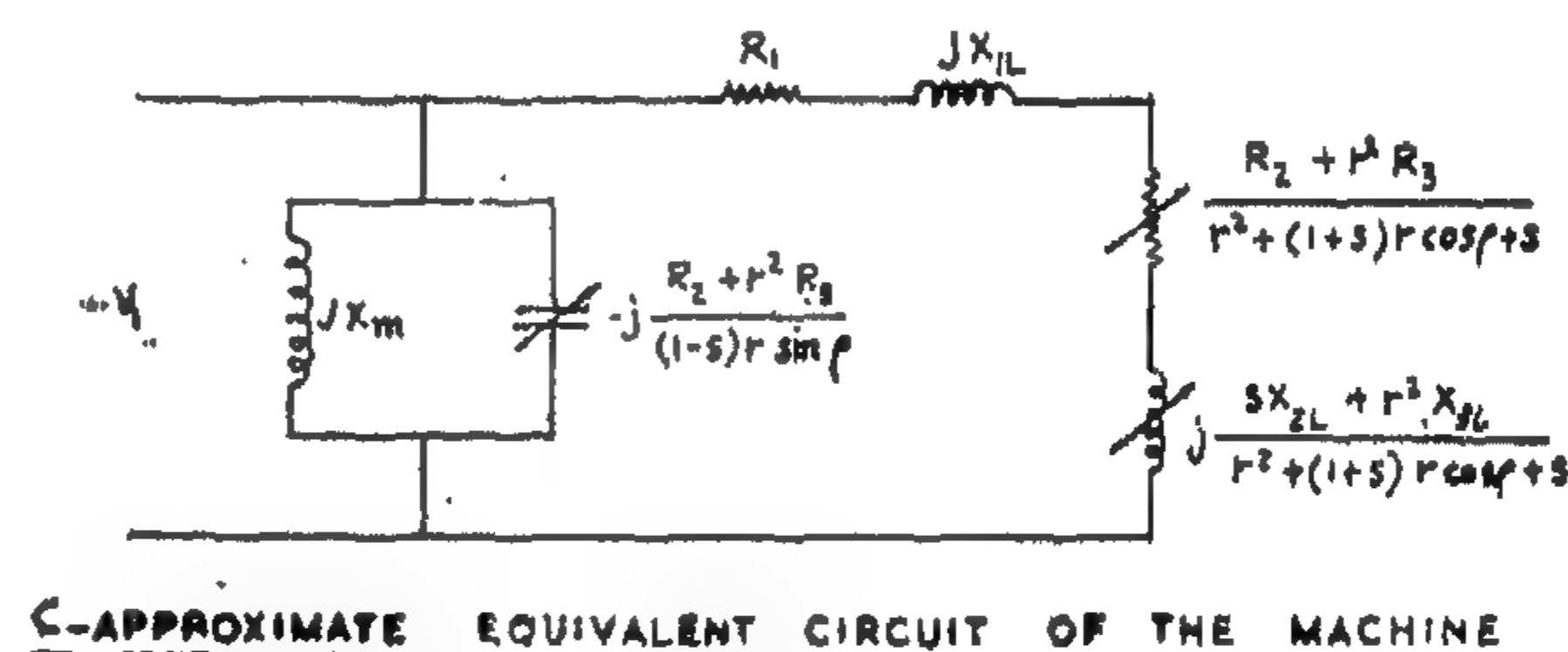
For sub-synchronous speed $\rho = 180^\circ \pm \sigma$ and for Super-synchronous speed $\rho = \pm \sigma$ where the + ve sign is used for brush shifts in the direction of rotation and the - ve sign to be used for shifts against the direction of rotation



a-COMplete EQUIVALENT CIRCUIT OF THE MACHINE



b-EQUIVALENT CIRCUIT OF THE MACHINE ON THE ASSUMPTION THAT $SX_{2L} + r^2 X_{3L}$ IS SMALL RELATIVE TO $R_2 + r^2 R_3$



c-APPROXIMATE EQUIVALENT CIRCUIT OF THE MACHINE

FIG. 9. (a, b, c).

(7) EXPERIMENTAL VERIFICATION

The above theory have been checked experimentally. Several performance curves for different brush openings and brush shift angles were obtained under different loading conditions. The experiments have proved the accuracy and validity of this theory.

As an example, two performance curves are given here for sub and super synchronous speed operation of the machine. The machine used is 3 phases, 5 H.P., 250 volt, 6 pole 50 c.s. schrage machine. The constants of this machine per phase are:—

R_1	= 0.25 ohm
R_2	= 0.38 ohm
R_3	= 0.89 ohm
X_{1L}	= 1.35 ohm
X_{2L}	= 0.73 "
X_{3L}	= 0.57 "
X_{11}	= 17.75 "
X_{22}	= 17.78 "
X_{33}	= 17.72 "
X_{12}	= 17.53 "
X_{13}	= 17.92 "
X_{23}	= 17.8 "
X_m	= 17.75 "
r_{max}	= 1.076
K	= 7.35 "

The resistance representing the load is given by:—

$$R_{2m}' = R_s' - R_{2cu}' = \frac{(1-s)(r \cos \rho + s)(R_2 + r^2 R_3) + (sX_{2L} + r^2 X_{3L})r \sin \rho}{(1 + 2r \cos \rho + r^2)(s^2 + 2sr \cos \rho + r^2)} \dots \dots \dots (28)$$

The ideal on load slip s_0 of the machine can be obtained by considering that no power output is obtained at no load (friction neglected)

$$\therefore J_s'^2 \cdot R_{2m}' = 0$$

This relation shows that either $J_s' = 0$ or $R_{2m}' = 0$ at no load.

For $J_s' = 0$, $J_2' = 0$. This does not give a general solution

\therefore at no load $R_{2m}' = 0$. This gives that:—

$$s_0 = \frac{-(R_2 + r^2 R_3)r \cos \rho + X_{3L} \cdot \sin \rho}{R_2 + r^2 R_3 + X_{2L} \cdot r \sin \rho} \dots \dots \dots (29)$$

(6.2) DIFFERENT OPERATING MODES OF THE MACHINE

a. Induction Motor Operation

In this case $r = 0$ $\therefore s_0 = 0$, $R_s' = \frac{R_2}{s}$ and $X_s' = X_{2L}$, $J_s' = J_2'$ and $E_s' = 0$

b. Motor Operation at Sub-synchronous speed with No p.F. control

Here $r \neq 0$, and $\rho = 180^\circ$ $\therefore s_0 = r$

n_0 = ideal no load speed of machines = $(1-r)n_1$

$$R_s' = \frac{R_2 + r^2 R_3}{(1-r)(s-r)} \quad X_s' = \frac{sX_{2L} + r^2 X_{3L}}{(1-r)(s-r)} \quad \text{and } J_s' = (1-r)J_2'$$

c. Motor Operation at Super Synchronous speed with No P.F. control

$\rho = 0$ $\therefore s_0 = -r$, $n_0 = (1+r)n_1$

$$R_s' = \frac{R_2 + r^2 R_3}{(1+r)(s+r)}, \quad X_s' = \frac{sX_{2L} + r^2 X_{3L}}{(1+r)(s+r)} \quad \text{and } J_s' = (1+r)J_2'$$

A — Power Factor Control :

$\therefore J_1 = J_{o1} + J_s'$ (direction of J_s' reversed in the equivalent circuit).

$$\therefore J_1 = \frac{-E_1}{jX_m} + \frac{-E_1}{\frac{R_2 + r^2 R_3 + j(sX_{2L} + r^2 X_{3L})}{(1+r \cdot e^{-j\rho})(s+r \cdot e^{-j\rho})}}$$

$$-E_1 = \frac{1}{\frac{1}{jX_m} + \frac{1}{\frac{R_2 + r^2 R_3 + j(sX_{2L} + r^2 X_{3L})}{r^2 + (1+s)r \cos \rho + s}} + \frac{1}{\frac{sX_{2L} + r^2 X_{3L}}{r^2 + (1+s)r \cos \rho + s} - j \frac{R_2 + r^2 R_3}{(1-s)r \sin \rho}} \dots \dots (30)$$

(6) APPROXIMATE EQUIVALENT CIRCUIT

(3.1) DERIVATION OF THE EQUIVALENT CIRCUIT

The following approximate equivalent circuit is obtained on the assumption that $X_{11} = X_{22} = X_{33} = X_{12} = X_{13} = X_{23} = X_m$. Say, the mutual reactance of the machine. When these constants were measured experimentally, it was found that the differences between their actual values and the mean values X_m are so small that these reactances can be taken equal to X_m in practice.

Let E_{20}' = the value of E_s' at standstill. ($s = 1$) $\therefore E_s' = sE_{20}'$

\therefore From equation (7) and (8) we get:—

$$E_1 = E_{20}' = -j [J_1 \cdot X_m + J_2' \cdot X_m (1 + r \cdot e^{-j\rho})]$$

and from equations (8) and (9) it can be proved that:—

$$\frac{E_s'}{E_{20}'} = r \cdot e^{j\rho}$$

$$\text{Since } (-V_2') + (-V_3') = 0$$

$$\therefore 0 = J_2 \cdot [R_2 + r^2 R_3 + j (sX_{2L} + r^2 X_{3L})] + (-E_1) (s + r \cdot e^{j\rho}) \quad \dots (24)$$

assuming J_{01} to be the exciting current of the

machine referred to winding 1.

$$\therefore -E_1 = j J_{01} \cdot X_m$$

\therefore From relation (23) and (25) we get:—

$$J_{01} = J_1 + J_2' (1 + r \cdot e^{-j\rho}) = J_1 + J_s'$$

$$\text{where } J_s' = J_2' \cdot (1 + r \cdot e^{-j\rho})$$

substituting these values in equation (24) we get:—

$$\begin{aligned} J_s' &= \frac{-E_1}{\frac{R_2 + r^2 R_3}{(1 + r \cdot e^{-j\rho}) \cdot (s + r \cdot e^{j\rho})} + j \frac{sX_{2L} + r^2 X_{3L}}{(1 + r \cdot e^{-j\rho}) \cdot (s + r \cdot e^{j\rho})}} \\ &= \frac{-E_1}{R_s' + j X_s'} = \frac{-E_1}{Z_s'} \quad \dots \dots (26) \end{aligned}$$

where $Z_s' = R_s' + j X_s'$ and

$$\begin{aligned} R_s' &= \frac{[(1+s)r \cos \rho + s + r^2] (R_2 + r^2 R_3) + (1-s) (sX_{2L} + r^2 X_{3L}) r \sin \rho}{(1 + 2r \cos \rho + r^2) (s^2 + 2sr \cos \rho + r^2)} \\ X_s' &= \frac{[(1+s)r \cos \rho + s + r^2] (sX_{2L} + r^2 X_{3L}) - (1-s) (R_2 + r^2 R_3) r \sin \rho}{(1 + 2r \cos \rho + r^2) (s^2 + 2sr \cos \rho + r^2)} \quad \dots \dots (27) \end{aligned}$$

The equivalent circuit in this case is as shown in figure (8). Further, R_s' can be divided into two parts R_{2cu}' and R_{2m}' where R_{2cu}' represents the equivalent resistance of the combined secondary circuit in primary terms and R_{2m}' represents the mechanical load. The combined secondary copper losses $= J_2'^2 \cdot (R_2 + r^2 R_3) = J_s'^2 \cdot R_{2cu}'$

$$\therefore R_{2cu}' = \left| \frac{1}{1 + r \cdot e^{-j\rho}} \right|^2 \cdot (R_2 + r^2 R_3) = \frac{R_2 + r^2 R_3}{1 + 2r \cos \rho + r^2}$$

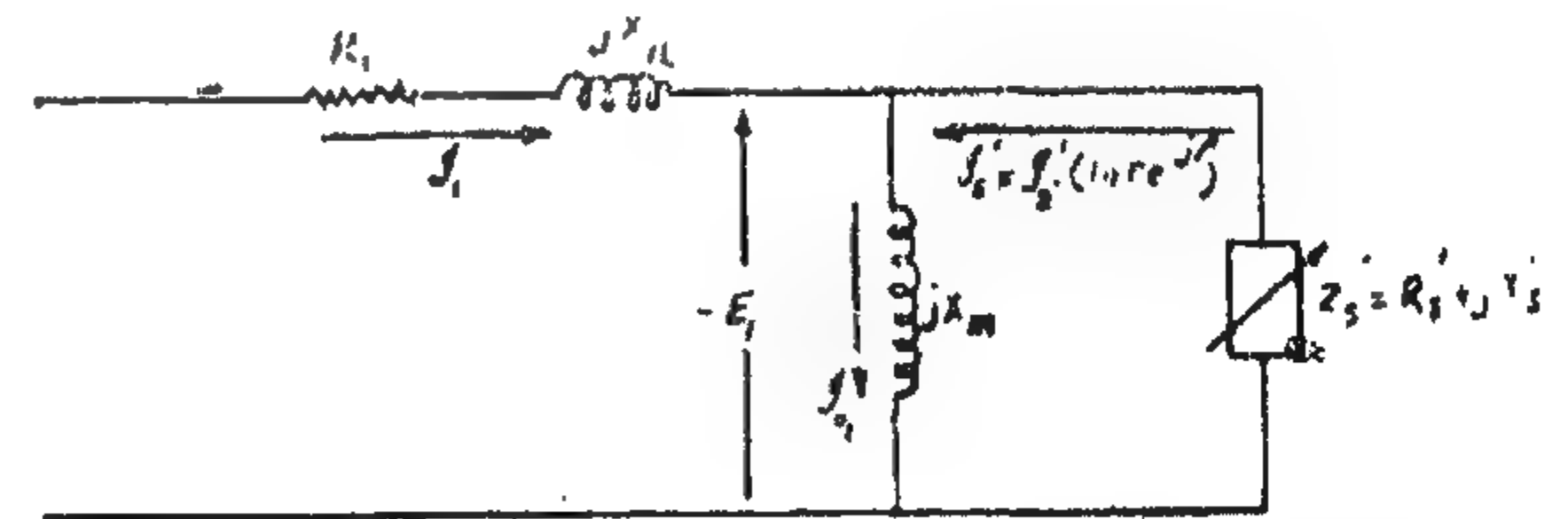


FIG. 8. Equivalent Circuit of the Machine.

where K_1 , K_2 , K_3 and K_4 are complex constants whose values can be calculated from relation (13). It can be proved that the locus of J_1 given by equation (21) is the same circle as that given by equation (17). The values of J_1 at $s = 0$ and ∞ are :—

$$J_{1s=0} = V_1 \cdot \frac{K_1}{K_3}$$

$$J_{1s=\infty} = V_1 \cdot \frac{K_2}{K_4}$$

The equation of the circle given by equation (21) when referred to point P_∞ (point at which $s = \infty$) is :—

$$\begin{aligned} \frac{J_1 - J_{1\infty}}{J_{1s=0} - J_{1\infty}} &= \frac{\frac{K_1 + K_2 \cdot s}{K_3 + K_4 \cdot s} - \frac{K_2}{K_4}}{\frac{K_1}{K_3} - \frac{K_2}{K_4}} = \\ &= \frac{1}{1 + \frac{K_4}{K_3} \cdot s} \quad \dots (22) \end{aligned}$$

Relation (22) shows that the straight line $1 + \frac{K_4}{K_3} \cdot s$ is the inversion of the circle w.r.t.

the origin P_∞ . From the theories of geometry, this straight line must be parallel to the

tangent at P_∞ . Therefore the vector $\frac{K_4}{K_3}$ must

also be parallel to the tangent at P_∞ as shown in figure (6) may be used as slip line with linear scale. The scale is determined simply by joining points $P_\infty P_{00}$ and cutting the slip line by the point $s = 0$ and joining points $P_\infty P_{s=1}$ and extrapolating to cut the slip line at point $s = 1$.

For the secondary current J_2' circle, the slip line is constructed in exactly the same way. Therefore, the graphical procedure is carried out in the general case by constructing the two circles for the primary and secondary currents each with its slip line completely in-

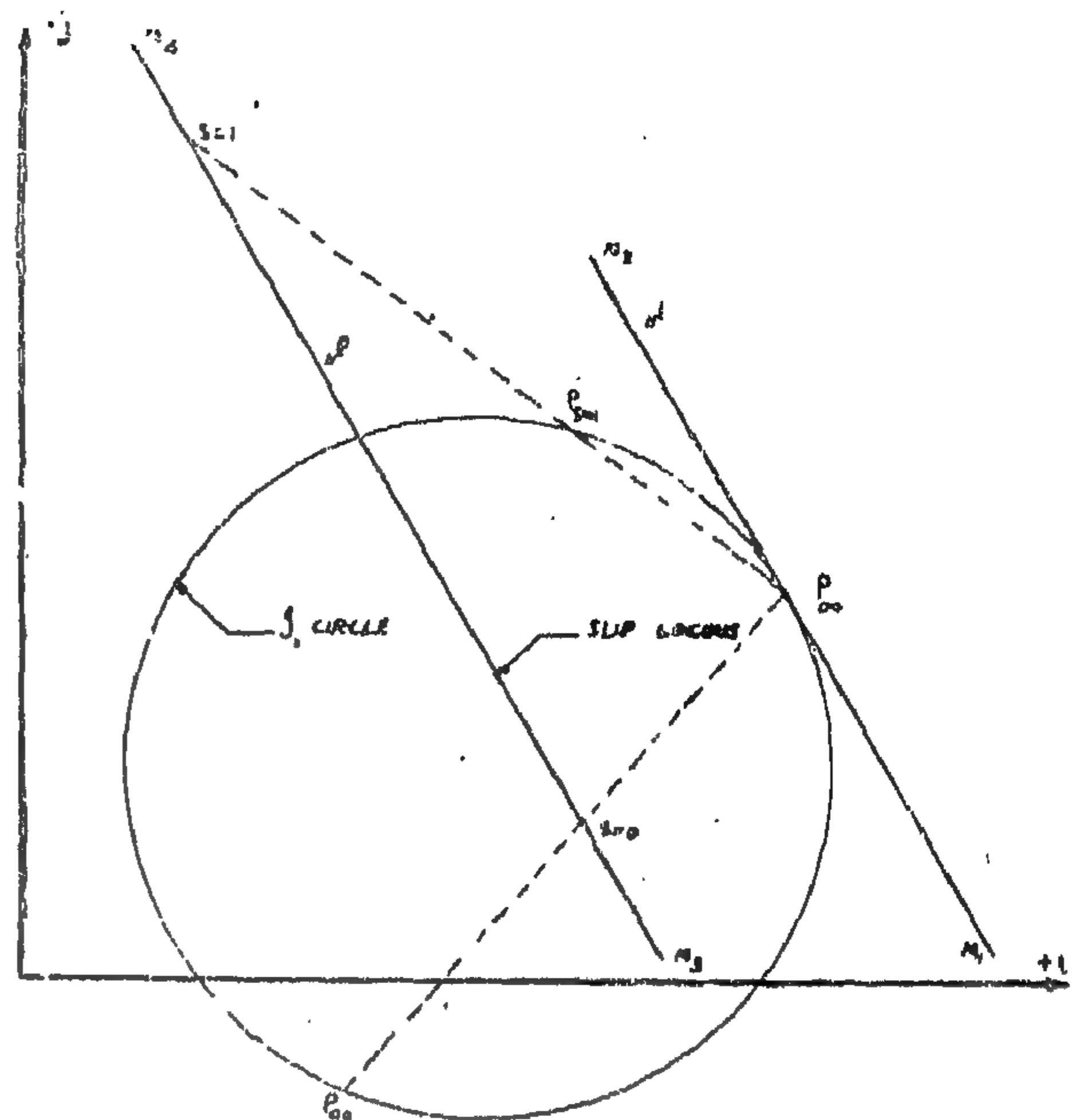


FIG. 6. Slip Locus

dependent from each other as shown in fig. (7). The corresponding values for J_1 and J_2' can then be obtained by locating the two points on the circle which correspond to the same slip as shown.

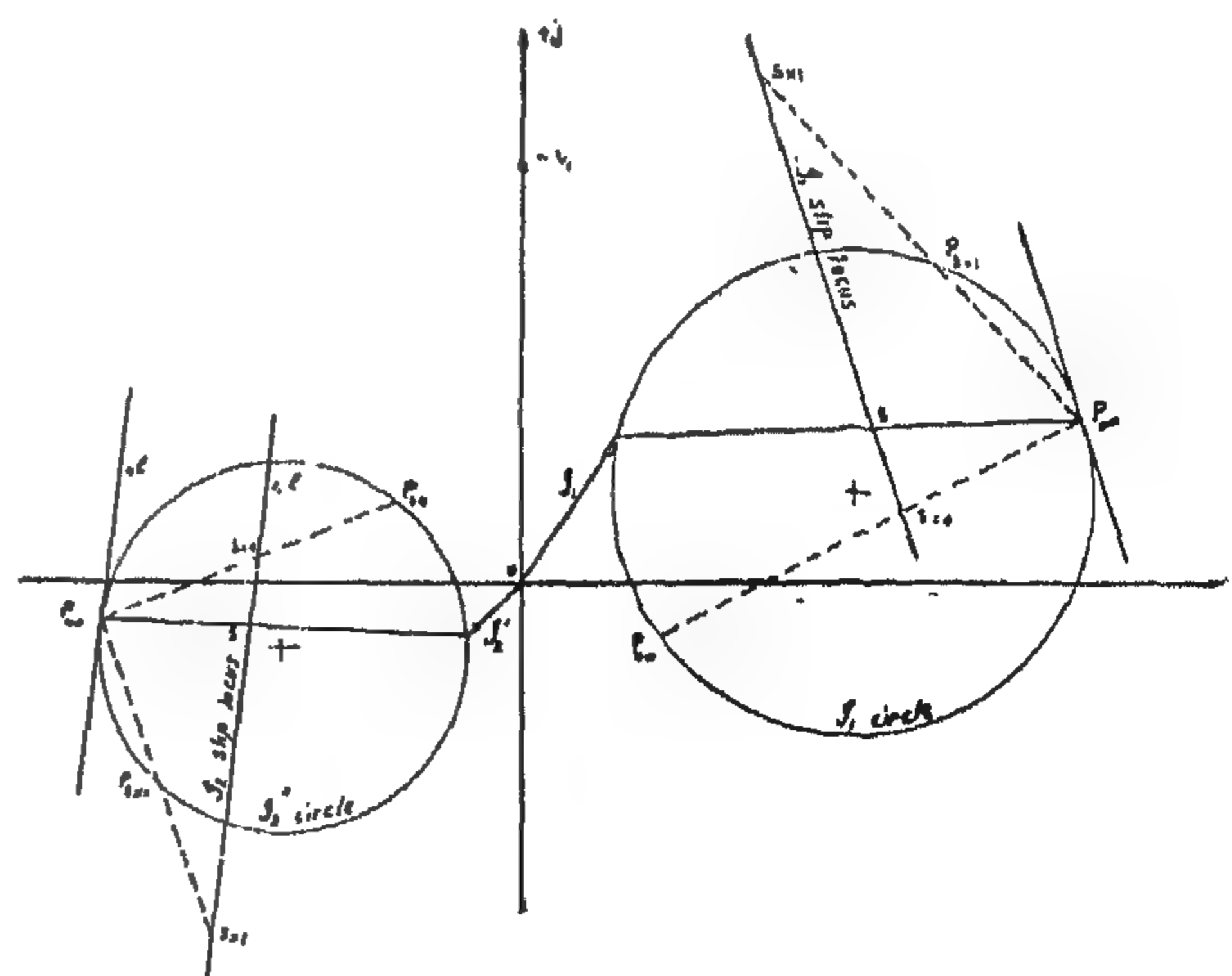


FIG. 7. Determination of the Primary and Secondary Currents from the Current Loci.

$\nu = \epsilon + \psi \pm \mu$ where

$$\epsilon = \tan^{-1} \frac{X_{11} + X_{1L}}{R_1}$$

$$\mu = \arcsin \frac{\frac{-h}{2m} \cos \psi + \frac{g}{2m} \sin \psi}{\sqrt{\left(\frac{h}{2m}\right)^2 + \left(\frac{g}{2m}\right)^2 - \frac{n}{m}}}$$

Equation (20) shows that the equivalent cir-

cuit is as that shown in figure (4). The only variable with the load is the angle ν which can be evaluated for any loading condition.

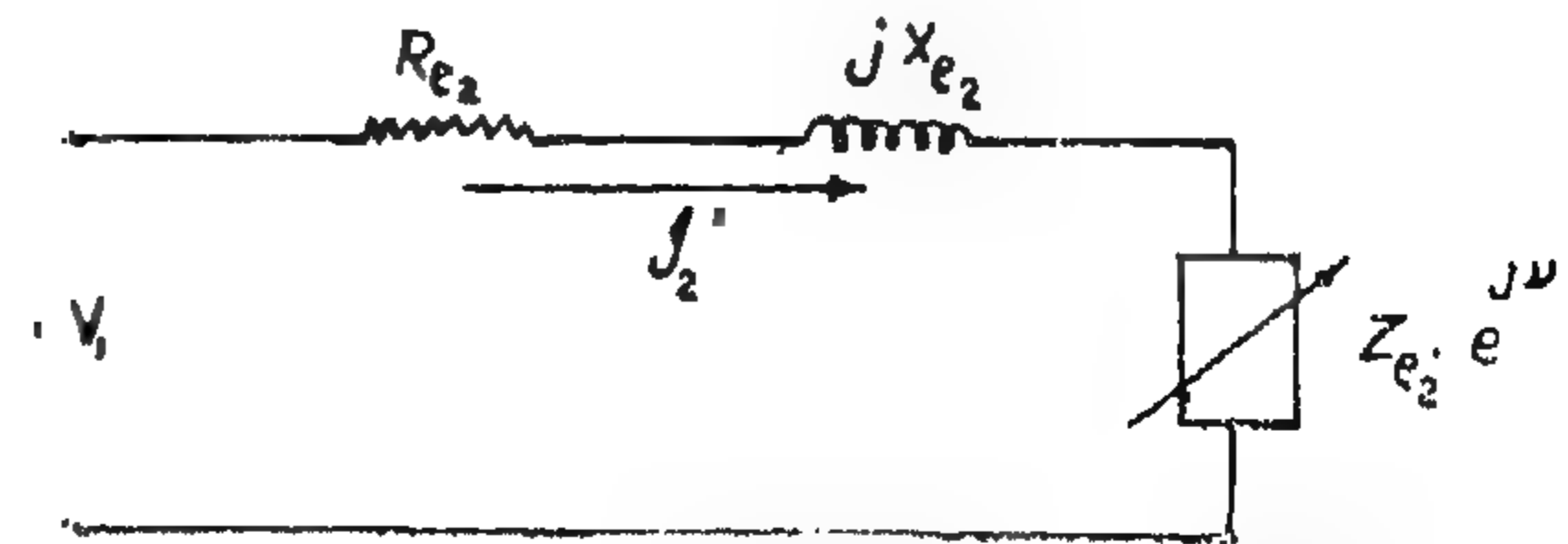


FIG. 4. Secondary Current equivalent Circuit.

(5) GRAPHICAL SOLUTION

Consider equation (17) and let $Z_1 = R_{e1} + jX_{e1} + Z_{e1} \cdot e^{j\phi}$. Since ϕ is the only variable, therefore the locus of Z_1 is a circle having the following co-ordinates:—

$$x = R_{e1}, y = X_{e1} \text{ and radius } R = Z_{e1}$$

By applying the principle of inversion, the locus of the admittance Y_1 is also a circle having the following co-ordinates:—

$$x = \frac{R_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2} = y \frac{-X_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2}$$

$$R = \frac{Z_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2}$$

Since $J_1 = (-V_1) \cdot Y_1$ therefore the locus of J_1 is also a circle with the same co-ordinates and radius as Y_1 circle but multiplied by V_1 . Since $(-V_1)$ is usually drawn along the $+j$ axis, therefore if $V_1 Y_1$ circle is rotated in an anti-clockwise direction 90° , J_1 circle will be obtained w.r.t. $(-V_1)$ as shown in fig. (5).

\therefore co-ordinates of J_1 circle are:—

$$x = \frac{X_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2} \cdot V_1$$

$$y = \frac{R_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2} \cdot V_1$$

$$R = \frac{Z_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2} \cdot V_1$$

Similarly, equation (20) shows that the

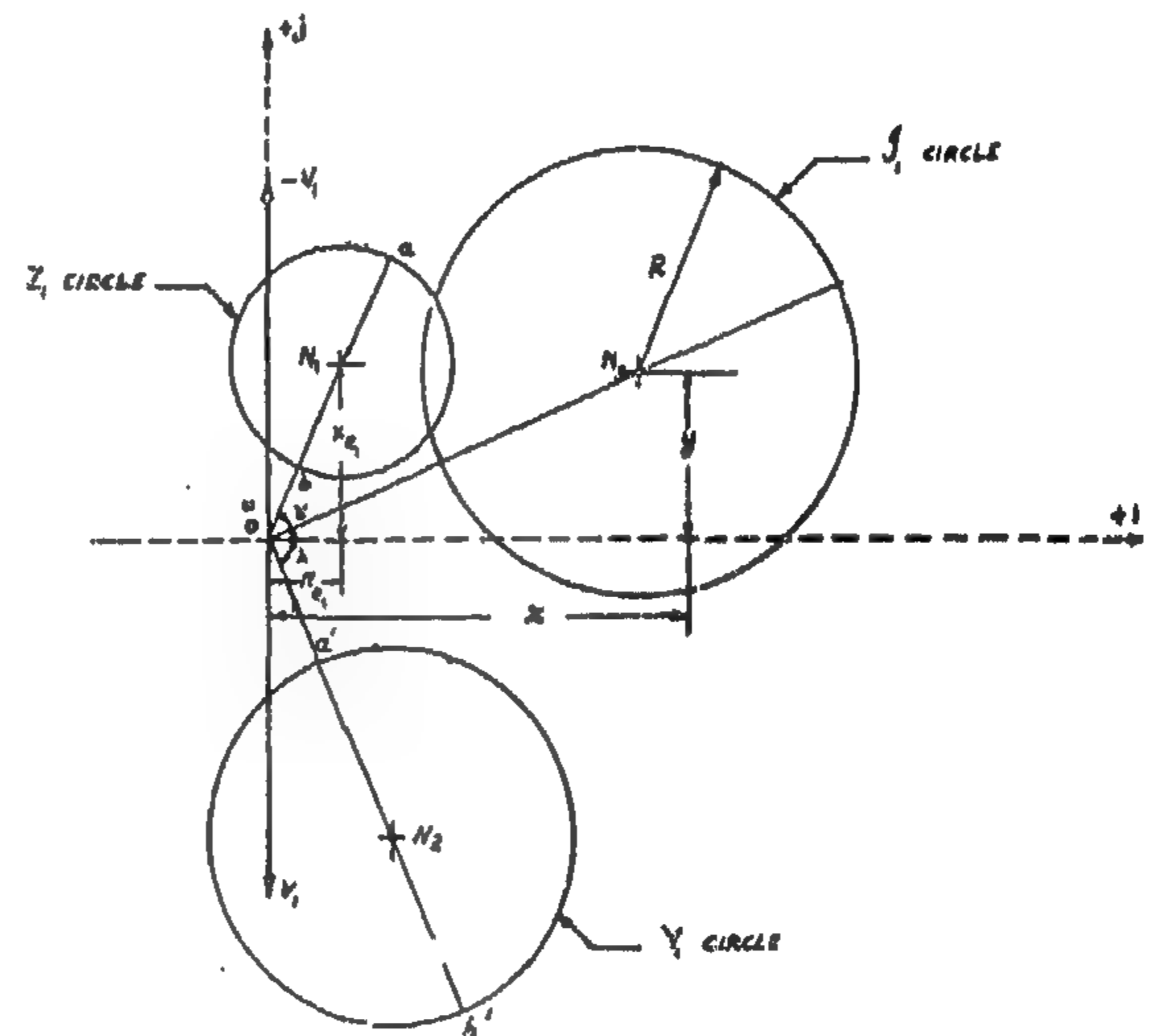


FIG. 5. Impedance and current loci of the machine.

locus of J_2' is also a circle with co-ordinates:

$$x = \frac{X_{e2}}{R_{e2}^2 + X_{e2}^2 - Z_{e2}^2} \cdot V_1$$

$$y = \frac{R_{e2}}{R_{e2}^2 + X_{e2}^2 - Z_{e2}^2} \cdot V_1$$

$$R = \frac{Z_{e2}}{R_{e2}^2 + X_{e2}^2 - Z_{e2}^2} \cdot V_1$$

Slip Locus :

Equation (12) can be put in the following form:—

$$\frac{J_1}{-V_1} = \frac{A + jB}{C + jD} = \frac{K_1 + K_2 \cdot s}{K_3 + K_4 \cdot s} \dots \dots (21)$$

From relations (15) and (16) we get :—

$$\begin{aligned} \therefore [j(X_{12} + rX_{13} \cos \rho) + rX_{13} \sin \rho] \cdot P.e^{-j\psi} \\ = (A_1 + B_2) + j(A_2 - B_1) + (B_1 + jA_4) \\ [\cos(\psi \mp \Theta) - j \sin(\psi \mp \Theta)] \\ = (A_1 + B_2 + j(A_2 - B_1) + \\ \sqrt{B_1^2 + A_4^2} \cdot e^{j[\tau - (\psi \pm \Theta)]}) \end{aligned}$$

$$\text{where: } \tan \tau = \frac{A_4}{B_1} = \frac{X_{12} + rX_{13} \cos \rho}{rX_{13} \sin \rho}$$

$$\text{let } \Phi = \tau - (\psi \mp \Theta)$$

\therefore Substituting the above evaluation in equation (11') we get :—

$$-V_1 = J_1 \cdot (R_{e1} + jX_{e1} + Z_{e1} \cdot e^{j\Phi}) \quad (17)$$

where :

$$R_{e1} = R_1 - (X_{12} + rX_{13} \cos \rho) \frac{h}{2n} -$$

$$rX_{13} \sin \rho \cdot \frac{g}{2n}$$

$$X_{e1} = X_{12} + X_{11} + rX_{13} \cos \rho \frac{h}{2n} -$$

$$(X_{12} + rX_{13} \cos \rho) \frac{g}{2n}$$

$$Z_{e1} = \frac{1}{2n} \times$$

$$\sqrt{[X_{12} + rX_{13} \cos \rho]^2 + r^2 X_{13}^2 \sin^2 \rho} \\ [h^2 + g^2 - 4mn]$$

Equation (17) gives an equivalent circuit of the machine as that shown in figure (3). This circuit is composed of a resistance R_{e1} , a reactance X_{e1} and a variable impedance Z_{e1}

$e^{j\Phi}$. The magnitude of Z_{e1} is constant and the only variable with load is the angle Φ . The terms R_{e1} , X_{e1} and Z_{e1} are constants de-

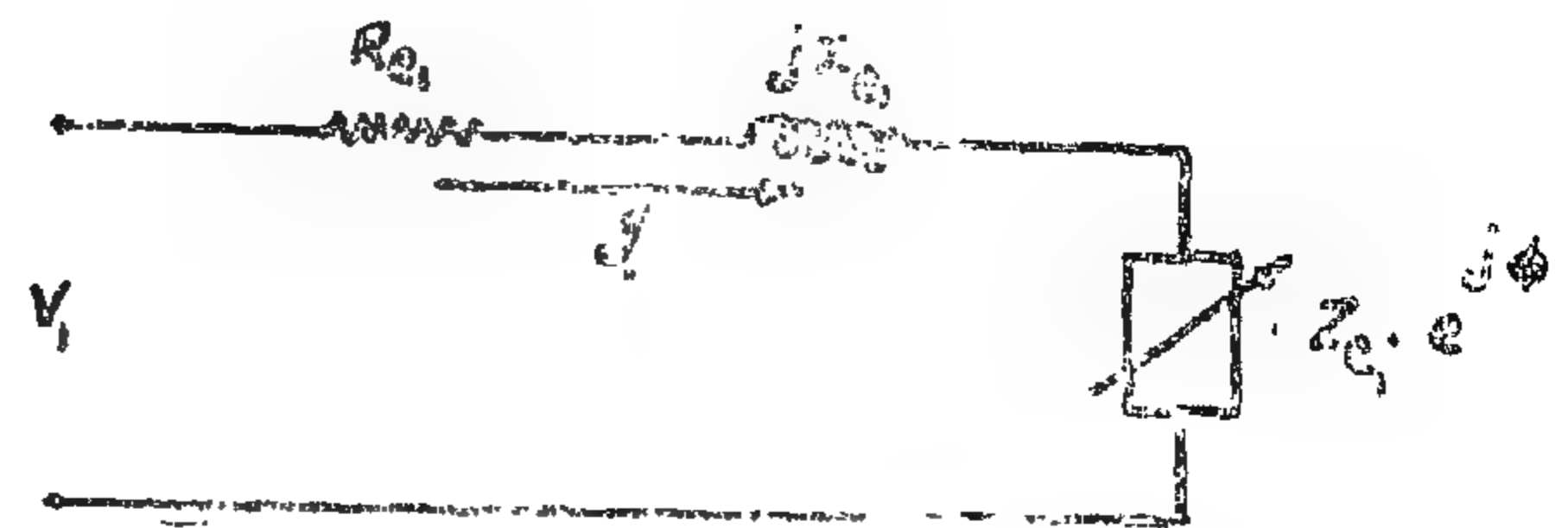


FIG. 3. Primary Current equivalent Circuit.

pending on the brush opening 2γ , the brush shift angle and the different inductances and resistances of the machine.

(4.2) Equivalent circuit of the machine in terms of the Secondary Current

Relation (11) can be written as :—

$$\begin{aligned} -V_1 = J_2' \cdot [j(X_{12} + rX_{13} \cdot e^{-j\rho}) + \\ + \frac{1}{P} \cdot e^{j\psi} \cdot \{ R_1 + j(X_{1L} + X_{11}) \}] \\ \dots \dots \dots (18) \end{aligned}$$

and from equation (10) we get :—

$$\left(\frac{1}{P}\right)^2 m + \frac{1}{P} (h \sin \psi + g \cos \psi) + n = 0 \\ \dots \dots \dots (19)$$

Applying the same procedure used in (4.1) for the evaluation of equation (18) we get :—

$$-V_1 = J_2' \cdot (R_{e2} + jX_{e2} + Z_{e2} \cdot e^{j\psi}) \quad (20)$$

where :—

$$R_{e2} = (X_{12} + X_{11}) \frac{h}{2m} -$$

$$R_1 \cdot \frac{g}{2m} + rX_{13} \sin \rho$$

$$X_{e2} = -R_1 \cdot \frac{h}{2m} - (X_{12} + X_{11}) \frac{g}{2m} +$$

$$(X_{12} + rX_{13} \cos \rho)$$

$$Z_{e2} = \frac{1}{2m} \sqrt{[R_1^2 + (X_{1L} + X_{11})^2] [h^2 + g^2 - 4mn]}$$

From equation (11), (12) and (14) the primary and secondary currents can be calcu-

lated for any value of the load angle " ψ " or slip " s ".

(4) EXACT EQUIVALENT CIRCUITS OF THE MACHINE

(4.1) Equivalent Circuit of the machine in terms of the primary Current

From relations (10) and (11) we have:—

$$P = \frac{h \sin \psi + g \cos \psi}{2n} \pm \sqrt{\left(\frac{h \sin \psi + g \cos \psi}{2n} \right)^2 - \frac{m}{n}} \quad \dots \dots \dots (10')$$

$$-V_1 = J_1 \cdot [R_1 + j(X_{1L} + X_{11}) + \{j(X_{12} + rX_{13} \cos \rho) + rX_{13} \sin \rho\} P \cdot e^{-j\psi}] \quad \dots \dots \dots (11')$$

Let:—

$$(X_{12} + rX_{13} \cos \rho) \cdot P = A_1 \sin \psi + A_2 \cos \psi \pm \sqrt{(A_1 \sin \psi + A_2 \cos \psi)^2 + A_3^2}$$

where:—

$$A_1 = -(X_{12} + rX_{13} \cos \rho) \frac{h}{2n}$$

$$A_2 = -(X_{12} + rX_{13} \cos \rho) \frac{g}{2n}$$

$$A_3^2 = -(X_{12} + rX_{13} \cos \rho)^2 \frac{m}{n}$$

$$\begin{aligned} \therefore (X_{12} + rX_{13} \cos \rho) P &= \\ &= A_1 \sin \psi + A_2 \cos \psi \pm \\ &\quad \sqrt{A_1^2 (1 - \cos^2 \psi) + A_2^2 (1 - \sin^2 \psi) + 2 A_1 A_2 \sin \psi \cos \psi + A_3^2} \\ &= A_1 \sin \psi + A_2 \cos \psi + A_4 \cos \Theta \end{aligned}$$

where:—

$$A_4 = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}$$

$$\begin{aligned} \text{and } \Theta &= \arcsin \frac{A_1 \cos \psi - A_2 \sin \psi}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}} \\ &\quad - \frac{h}{2n} \cos \psi + \frac{g}{2n} \sin \psi \\ &= \arcsin \frac{\left(\frac{h}{2n} \right)^2 + \left(\frac{g}{2n} \right)^2 - \frac{m}{n}}{\sqrt{\left(\frac{h}{2n} \right)^2 + \left(\frac{g}{2n} \right)^2 - \frac{m}{n}}} \end{aligned}$$

provided that $\left(\frac{\pi}{2} \geq \Theta \geq -\frac{\pi}{2} \right)$

$$\therefore j(X_{12} + rX_{13} \cos \rho) P \cdot e^{-j\psi} = (A_1 \sin \psi + A_2 \cos \psi + A_4 \cos \Theta) (\sin \psi + j \cos \psi)$$

By solving this relation we get:—

$$\begin{aligned} j(X_{12} + rX_{13} \cos \rho) P \cdot e^{-j\psi} &= \\ &= [A_1 - \cos \psi (A_1 \cos \psi - A_2 \sin \psi) + A_4 \sin \psi \cdot \cos \Theta] \\ &\quad + j[A_2 + \sin \psi (A_1 \cos \psi - A_2 \sin \psi) + A_4 \cos \psi \cdot \cos \Theta] \\ &= (A_1 + jA_2) + A_4 \cdot \\ &\quad [\sin(\psi \mp \Theta) + j \cos(\psi \mp \Theta)] \quad \dots \dots \dots (15) \end{aligned}$$

By a similar method, it is found that:—

$$\begin{aligned} rX_{13} \sin \rho \cdot P \cdot e^{-j\psi} &= (B_2 - jB_1) - jB_4 \cdot \\ &\quad [\sin(\psi \mp \Theta) + j \cos(\psi \mp \Theta)] \quad \dots \dots \dots (16) \end{aligned}$$

where:—

$$B_1 = -rX_{13} \sin \rho \cdot \frac{h}{2n}, B_2 = -rX_{13} \sin \rho \cdot \frac{g}{2n},$$

$$B_3^2 = -r^2 X_{13}^2 \sin^2 \rho \cdot \frac{m}{n},$$

$$B_4 = \pm \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}$$

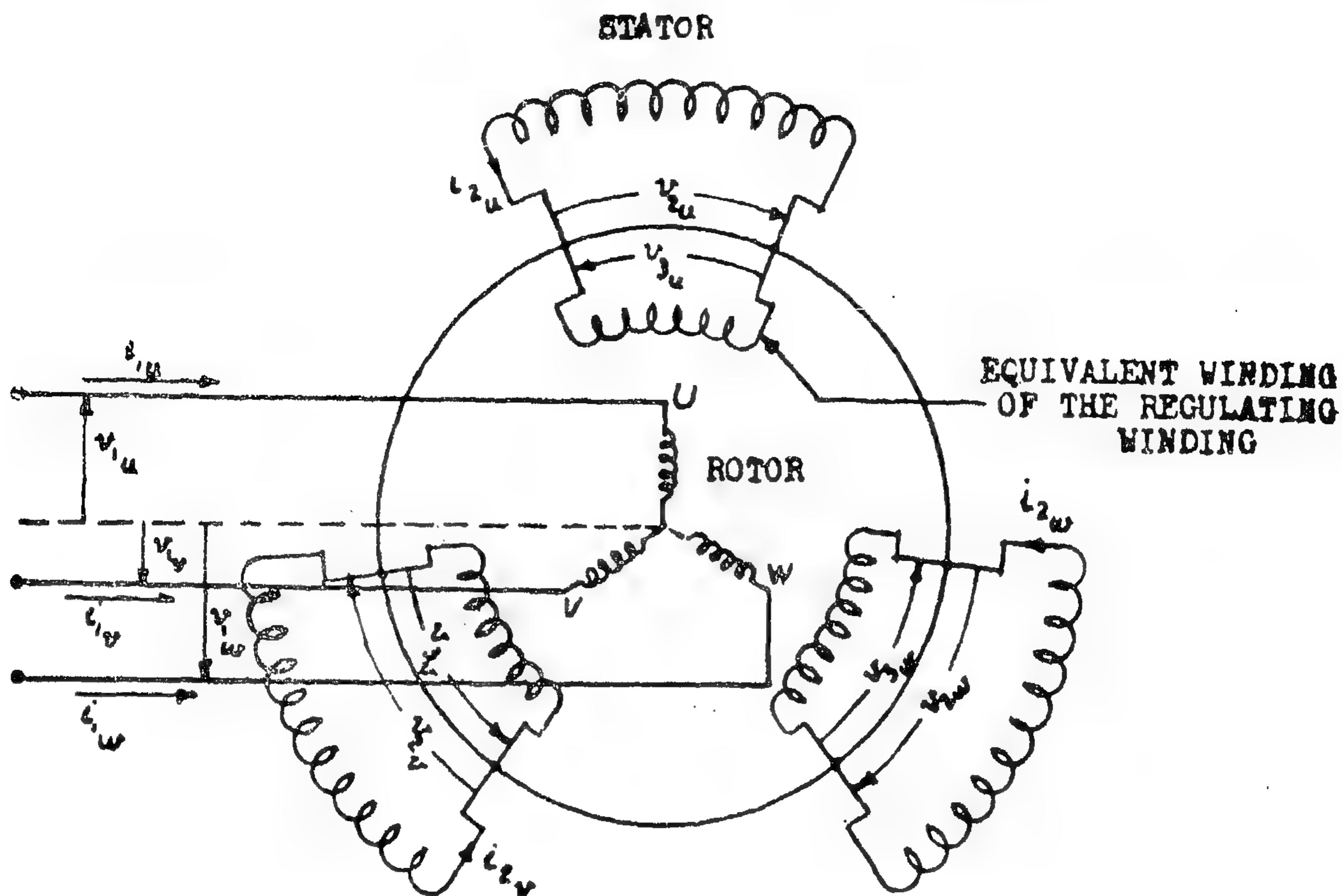


FIG. 1. Equivalent Connection Diagram of the Machine.

$$X_{1L} + X_{11} = \omega L_{11} \Delta \quad \text{and} \quad X_{12} = k \cdot \omega M_{12} \Delta$$

$$X_{2L} + X_{22} = K^2 \cdot \omega L_{22} \Delta \quad \text{and} \quad X_{13} = \frac{K}{r} \cdot \omega M_{13} \Delta_0$$

$$X_{3L} + X_{33} = \frac{k^2}{r^2} \omega L_{33} \Delta_0 \quad \text{and} \quad X_{32} = \frac{K^2}{r} \cdot \omega M_{32} \Delta_0$$

$$\text{assuming } P = \frac{I_2'}{I_1'} \quad \text{and} \quad \psi = \alpha - \beta$$

and substituting all the above terms in equation (4), (5) and (6') we get:—

$$\begin{aligned} - V_1 &= J_1 \cdot [R_1 + j X_{1L} + j \{ (X_{11} + P \cdot e^{-j\psi} (X_{12} + r X_{13} \cdot e^{-j\phi})) \}] \\ &= J_1 \cdot (R_1 + j X_{1L}) - E_1 \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (7)$$

where E_1 = e.m.f. induced in winding 1.

$$\begin{aligned} - V_2' &= J_1 \cdot [R_2 + j s X_{2L} + j [(s X_{22} + s r X_{32} \cdot e^{-j\phi} + s X_{12} \cdot \frac{1}{P} \cdot e^{-j\phi})]] \\ &= J_2' \cdot (R_2 + j s X_{2L}) - E_2' \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (8)$$

$$L_{11}\Delta = L_{11} - M_{11}, \quad L_{22}\Delta = L_{22} - M_{22}, \quad L_{33}\Delta = L_{33} - M_{33}$$

= The apparent polyphase inductance of the winding indicated by subscript

$$M_{21}\Delta = \frac{3}{2} M_{21}, \quad M_{31}\Delta = \frac{3}{2} M_{31}, \quad M_{32}\Delta = \frac{3}{2} M_{32}$$

= the apparent polyphase mutual inductance between the winding indicated by subscripts.

It should be noticed that the polyphase self and mutual inductances

$L_{33}\Delta$, $M_{23}\Delta$, $M_{13}\Delta$, $M_{32}\Delta$ and $M_{31}\Delta$ appearing in equations (4), (5) and (6) refer to the equivalent regulating winding as assumed before. The introduction of this equivalent winding has resulted in simplifying the formulation of the problem and enabled the deduction of the above equations,

However, the presence of the commutator as an ideal frequency changer between the

actual regulating winding and the stator winding must now be taken into consideration. This can be easily achieved by considering the variation of the above mentioned five inductances relating to the regulating winding. In the first place they are functions of the brush opening, a fact which will be discussed in details later. Further, the effect of the commutator results that some of them are functions of the slip. It can be proved that $M_{32}\Delta$ and $M_{31}\Delta$ are independent of the slip, while $L_{33}\Delta$, $M_{23}\Delta$ and $M_{13}\Delta$ are inversely proportional to the slip. Therefore, if we denote the value of these inductances at standstill by $L_{33}\Delta_0$, $M_{23}\Delta_0$ and $M_{13}\Delta_0$ respectively, we have for any slip s :—

$$L_{33}\Delta_0 = s. L_{33}\Delta \quad \text{and} \quad M_{23}\Delta_0 = s. M_{23}\Delta \quad \text{and} \quad M_{13}\Delta_0 = s. M_{13}\Delta$$

∴ equation (6) becomes :—

$$-V_s = [r_s + j(\omega L_{33}\Delta_0 + \omega M_{23}\Delta_0 \cdot e^{j\phi})] J_s + j\omega M_{13}\Delta_0 \cdot e^{j\phi} J_1 \quad \dots (6')$$

(3.2) Solution of Fundamental Equations

As it is customary in the analysis of electrical machines to split the self inductance of each winding into two components: one due to the flux in the leakage paths and the other due to the mutual flux, therefore equations (4), (5) and (6) will be expressed in such new terms.

In order to simplify the analysis all the resistances, reactances voltages and currents will be referred to the primary winding side. Further, the reactances of the regulating winding, which will vary with the brush

opening, are given in the general form for a brush opening of 2γ which are governed by the following relation :—

$$r = r_{\max} \cdot \sin \gamma$$

where r_{\max} is the value of "r" for a brush opening of 180° electrical degrees. Therefore, the relations between the old and new terms are summarized as :—

$$R_1 = r_1, \quad R_2 = K^2 \cdot r_2, \quad R_3 = \frac{K^2}{r^2} \cdot r_3$$

$$M_{2u3u} = M_{23} \cdot \cos \rho$$

$$M_{2v3u} = M_{23} \cdot \cos (\rho + 120^\circ)$$

$$M_{2w3u} = M_{23} \cdot \cos (\rho + 240^\circ)$$

$$\text{and } M_{3u2u} = M_{32} \cdot \cos (360^\circ - \rho)$$

$$\text{and } M_{3v2u} = M_{32} \cdot \cos (120^\circ - \rho)$$

$$\text{and } M_{3w2u} = M_{32} \cdot \cos (240^\circ - \rho)$$

where M_{12} , M_{13} , M_{23} , M_{21} , M_{31} , and M_{32} are maximum values of mutual inductances between the wind-wings denoted by the subscripts. Also, due to the symmetry of the machine, we get: $M_{21} = M_{12}$, $M_{32} = M_{23}$ and $M_{31} = M_{13}$.

The angle δ is a function of the angular speed of rotation ω_r of the machine, and is given by the following relation:—

$$\delta = \int \omega_r \cdot dt$$

$$= \omega_r \cdot t + \delta_0 \text{ under steady state conditions, where:}$$

$$\delta_0 = (\delta)_{t=0} = \text{an arbitrary constant which may be taken equal to zero}$$

$$\therefore \delta = \omega_r \cdot t = (1 - s) \omega t$$

The primary and secondary currents and voltage can be represented either in trigonometric or exponential forms as follows:

$$i_{1u} = I_1 \cdot \sin (\omega t + \alpha) = J_1 e^{j \omega t}$$

$$i_{1v} = I_1 \cdot \sin (\omega t + \alpha - 120^\circ)$$

$$= J_1 e^{j (\omega t - 120^\circ)}$$

$$i_{1w} = I_1 \cdot \sin (\omega t + \alpha - 240^\circ)$$

$$= J_1 \cdot e^{j (\omega t - 240^\circ)}$$

$$i_{2u} = I_2 \cdot \sin (\omega t + \beta) = J_2 \cdot e^{j s \omega t}$$

$$i_{2v} = I_2 \cdot \sin (s \omega t + \beta - 120^\circ)$$

$$= J_2 \cdot e^{j (s \omega t - 120^\circ)}$$

$$i_{2w} = I_2 \cdot \sin (s \omega t + \beta - 240^\circ)$$

$$= J_2 \cdot e^{j (s \omega t - 240^\circ)}$$

and :

$$v_{1u} = v_{1u} \cdot e^{j \lambda_1} \cdot e^{j \omega t} = V_1 \cdot e^{j \omega t}$$

$$v_{2u} = v_{2u} \cdot e^{j \lambda_2} \cdot e^{j s \omega t} = V_2 \cdot e^{j s \omega t}$$

$$\begin{aligned} v_{3u} &= -v_{2u} \cdot e^{j \lambda_2} \cdot e^{j s \omega t} \\ &= -V_2 \cdot e^{j s \omega t} = V_3 \cdot e^{j s \omega t} \end{aligned}$$

where:—

α , β and λ_1 , λ_2 are the phase angles of the currents and voltages respectively, all referred to an arbitrary time origin.

Substituting the above expressions of currents, voltages and mutual inductances in equation (1), (2) and (3) and solving them we get at the end three fundamental equations:

$$-V_1 = (r_1 + j \omega L_{11} \Delta) J_1 + j (\omega M_{21} \Delta + \omega M_{31} \Delta \cdot e^{-j \rho}) J_2 \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$-V_2 = [r_2 + j (s \omega L_{22} \Delta + s \omega M_{32} \Delta \cdot e^{-j \rho})] J_2 + j s \omega M_{12} J_1 \quad \dots \dots \dots (5)$$

where:

$$-V_3 = [r_3 + j (s \omega L_{33} \Delta + s \omega M_{23} \Delta \cdot e^{j \rho})] J_2 + j s \omega M_{13} \cdot e^{j \rho} J_1 \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$\begin{aligned}
 -V_{2w} = & i_{2w} \cdot r_2 + \frac{d}{dt} [i_{2w} \cdot L_{22} + (i_{2u} + i_{2v}) M_{22}] \\
 & + \frac{d}{dt} (i_{1u} \cdot M_{1u2w} + i_{1v} \cdot M_{1v2w} + i_{1w} \cdot M_{1w2w}) \\
 & + \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{2u2w} + i_{2v} \cdot M_{2v2w} + i_{2w} \cdot M_{2w2w}) \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

c.—Equivalent Regulating Winding :—

$$\begin{aligned}
 -V_{3u} = & i_{2u} \cdot r_3 + \frac{d}{dt} [i_{2u} \cdot L_{33} + (i_{2v} + i_{2w}) M_{33}] \\
 & + \frac{d}{dt} (i_{1u} \cdot M_{1u3u} + i_{1v} \cdot M_{1v3u} + i_{1w} \cdot M_{1w3u}) \\
 & + \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{2u3u} + i_{2v} \cdot M_{2v3u} + i_{2w} \cdot M_{2w3u}) \\
 -V_{3v} = & i_{2v} \cdot r_3 + \frac{d}{dt} [i_{2v} \cdot L_{33} + (i_{2w} + i_{2u}) M_{33}] \\
 & + \frac{d}{dt} (i_{1u} \cdot M_{1u3v} + i_{1v} \cdot M_{1v3v} + i_{1w} \cdot M_{1w3v}) \\
 & + \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{2u3v} + i_{2v} \cdot M_{2v3v} + i_{2w} \cdot M_{2w3v}) \\
 -V_{3w} = & i_{2w} \cdot r_3 + \frac{d}{dt} [i_{2w} \cdot L_{33} + (i_{2u} + i_{2v}) M_{33}] \\
 & + \frac{d}{dt} (i_{1u} \cdot M_{1u3w} + i_{1v} \cdot M_{1v3w} + i_{1w} \cdot M_{1w3w}) \\
 & + \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{2u3w} + i_{2v} \cdot M_{2v3w} + i_{2w} \cdot M_{2w3w}) \dots \dots \dots (3)
 \end{aligned}$$

The above 9 differential equations constitute the main relations between the rotor, stator and equivalent regulating winding currents and voltages. They include terms which are functions of the mutual inductances between these three windings.

The mutual inductances between the stator

and rotor windings are co-sinusoidal functions of the angle δ , as shown in figure (2). Similarly the mutual inductances between the stator and the regulating windings are functions of the angle ρ , while those between the rotor and regulating windings are functions of the angle $(\delta - \rho)$

$$\therefore M_{2u1u} = M_{21} \cdot \cos \delta$$

$$M_{2v1u} = M_{21} \cdot \cos (\delta + 120^\circ)$$

$$M_{2w1u} = M_{21} \cdot \cos (\delta + 240^\circ)$$

$$M_{3u1u} = M_{31} \cdot \cos (\delta - \rho)$$

$$M_{3v1u} = M_{31} \cdot \cos (\delta - \rho + 120^\circ)$$

$$M_{3w1u} = M_{31} \cdot \cos (\delta - \rho + 240^\circ)$$

$$\text{and } M_{1u2u} = M_{12} \cdot \cos (360^\circ - \delta)$$

$$\text{and } M_{1v2u} = M_{12} \cdot \cos (120^\circ - \delta)$$

$$\text{and } M_{1w2u} = M_{12} \cdot \cos (240^\circ - \delta)$$

$$\text{and } M_{1u3u} = M_{13} \cdot \cos (360^\circ - \delta + \rho)$$

$$\text{and } M_{1v3u} = M_{13} \cdot \cos (120^\circ - \delta + \rho)$$

$$\text{and } M_{1w3u} = M_{13} \cdot \cos (240^\circ - \delta + \rho)$$

(3) EQUATIONS OF PERFORMANCE

(3.1) Derivation of the Differential Equations

Applying Kirchoff's second law for the summing of the voltages in the circuits of

rotor, stator and equivalent regulating, windings the following differential equations are obtained :—

a.—Rotor :

$$\begin{aligned}
 -V_{1u} &= i_{1u} \cdot r_1 + \frac{d}{dt} [i_{1u} \cdot L_{11} + (i_{1v} + i_{1w}) M_{11}] \\
 &+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{2u1u} + i_{2v} \cdot M_{2v1u} + i_{2w} \cdot M_{2w1u}) \\
 &+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{3u1u} + i_{2v} \cdot M_{3v1u} + i_{2w} \cdot M_{3w1u}) \\
 -V_{1v} &= i_{1v} \cdot r_1 + \frac{d}{dt} [i_{1v} \cdot L_{11} + (i_{1w} + i_{1u}) M_{11}] \\
 &+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{2u1v} + i_{2v} \cdot M_{2v1v} + i_{2w} \cdot M_{2w1v}) \\
 &+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{3u1v} + i_{2v} \cdot M_{3v1v} + i_{2w} \cdot M_{3w1v}) \\
 -V_{1w} &= i_{1w} \cdot r_1 + \frac{d}{dt} [i_{1w} \cdot L_{11} + (i_{1u} + i_{1v}) M_{11}] \\
 &+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{2u1w} + i_{2v} \cdot M_{2v1w} + i_{2w} \cdot M_{2w1w}) \\
 &+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{3u1w} + i_{2v} \cdot M_{3v1w} + i_{2w} \cdot M_{3w1w}) \quad \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

b.—Stator :

$$\begin{aligned}
 -V_{2u} &= i_{2u} \cdot r_2 + \frac{d}{dt} [i_{2u} \cdot L_{22} + (i_{2v} + i_{2w}) M_{22}] \\
 &+ \frac{d}{dt} (i_{1u} \cdot M_{1u2u} + i_{1v} \cdot M_{1v2u} + i_{1w} \cdot M_{1w2u}) \\
 &+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{3u2u} + i_{2v} \cdot M_{3v2u} + i_{2w} \cdot M_{3w2u}) \\
 -V_{2v} &= i_{2v} \cdot r_2 + \frac{d}{dt} [i_{2v} \cdot L_{22} + (i_{2w} + i_{2u}) M_{22}] \\
 &+ \frac{d}{dt} (i_{1u} \cdot M_{1u2v} + i_{1v} \cdot M_{1v2v} + i_{1w} \cdot M_{1w2v}) \\
 &+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \cdot M_{3u2v} + i_{2v} \cdot M_{3v2v} + i_{2w} \cdot M_{3w2v})
 \end{aligned}$$

E'_2 and E'_3

= e.m.f. induced in the stator and regulating windings respectively, all referred to winding 1, volt.

(1) DESCRIPTION OF THE MACHINE

The principle of operation of the schrage motor is well known and is described in detail in the literature. It is based mainly on the principle of speed control of induction machines by injecting a voltage in the secondary circuit having the same frequency as that of the secondary induced e.m.f. For this purpose, the positions of the primary and secondary windings of the ordinary induction motor are reversed i.e. the primary winding (winding 1) is located in the rotor slots and connected to the supply through slip rings, and the secondary winding (winding 2) is located in the stator slots. A third additional

winding (winding 3), known as the regulating winding and similar to the armature winding of a D.C. machine is located in the rotor slots and connected to the segments of a commutator. The commutator acts as a frequency changer, changing the frequency of the regulating winding from the supply frequency to that of the induced e.m.f. in winding 2 (the slip frequency). Further, the magnitude and phase relation of the injected voltages can be controlled at will by varying the brush opening and brush shift angles respectively.

(2) METHOD OF ANALYSIS

The machine considered in a symmetrical 3 phase schrage motor fed with balanced poly-phase voltages in the rotor.

The mathematical formulation of the problem is achieved by expressing the general differential equations for the three windings of the machine in terms of the resistance, and the self and mutual inductances of these windings. Due to the presence of the commutator, the current flowing in the closed circuit formed by the stator and the regulating winding, must have the same magnitude but its frequency is the supply frequency at the regulating winding side and the slip frequency at the stator winding side.

Therefore the commutator can be considered as an ideal frequency changer i.e. it changes the frequency of the voltages and currents from the supply frequency at the regulating winding side to the slip frequency at the stator side without influencing their magnitude or relative phases.

To facilitate the mathematical formulation of the problem, the action of the commutator is neglected for a moment, and the regulating winding is replaced by an equivalent winding i.e. a winding which gives the same M.M.F. for the same brush currents and consists of 3 electrically isolated separate windings placed in the same slots, each connected to one stator phase as shown in figure (1). Hence, the current flowing in the closed circuit formed by the stator and the equivalent regulating winding will be of the slip frequency. The effect of the commutator is then taken into account after solving the main differential equations of the machine, by considering the inductances in conjunction with the equivalent commutator winding to be functions of the slip.

This new approach of mathematical formulation of the commutator winding equations has greatly simplified the solution of such equations.

$V_{1u,v,w}, V_{2u,v,w}, V_{3u,v,w}$	= instantaneous phase values of the primary applied voltage, brush voltage as calculated from the stator circuit and brush voltage as calculated from the equivalent regulating winding side respectively, volt.
2γ	= brush opening angle, electrical degrees
σ	= brush shift angle, electrical degrees.
δ	= angle between the magnetic axes of each two corresponding phases of the rotor and stator windings, electrical degrees.
ρ	= angle between the magnetic axes of each two corresponding phases of the stator and regulating windings, electrical degrees.
s	= slip
f	= supply frequency,
ω	= $2 \pi f$, $\omega_r = 2\pi (1-s) f$
k	= $\frac{N_1}{N_2}$ = effective turns ratio between the rotor stator windings.
r	= $\frac{N_{3 \max}}{N_2} \cdot \sin \gamma$ = effective turns ratio between the regulating winding and stator.
$N_{3 \max}$	= effective number of turns of the regulating winding at a brush opening of 180° electrical
R_1, R_2, R_3	= resistances per phase of the rotor, stator and regulating winding respectively, all referred to the primary winding side, ohm.
X_{1L}, X_{2L}, X_{3L}	= leakage reactance per phase of windings 1, 2 and 3 respectively, all referred to winding 1, and at supply frequency f , ohm.
X_{11}, X_{22}, X_{33}	= Self reactance per phase of windings 1, 2, and 3 respectively, all referred to winding 1, and at supply frequency, ohm.
X_{12}, X_{23}, X_{13}	= Mutual reactances per phase between the windings indicated by subscripts all referred to winding 1, and at supply frequency, ohm.
J'_2	= secondary current when referred to winding 1, ampere.

A NEW APPROACH TO THE ANALYTICAL FORMULATION OF THE SCHRAGE MOTOR PERFORMANCE

By

M. G. EL-MAGHRABY B. Sc. (Hons.), Dr. Sc. Tech.
*Assistant professor, Faculty of Engineering,
Cairo University.*

and

A. M. RASHAD, B.Sc., M. Sc., Ph. D.
Electrical Engineer, Egyptian Oil Fields Co.

SUMMARY

In this paper, a new analytical treatment of the Schrage motor is presented. The machine is considered as nine magnetically coupled electric circuits for which nine simultaneous differential equations are set up. Hereby, the commutator winding is replaced by an "equivalent regulating winding", consisting of three separate windings whose inductances are functions of the slip. This concept simplifies the analytical formulation and avoids the simplifying assumptions on which other methods of analysis are based.

This new method of analysis has been checked experimentally and two performance curves are given for sub- and supersynchronous speeds. The comparison of calculated performance with actual test results shows good agreement.

LIST OF SYMBOLS

The rotor, stator and regulating windings are referred to as winding 1, 2, and 3 respectively. Symbols u, v, and w denote the three phases of each winding. Let :—

r_1, r_2, r_3	= resistance per phase of the rotor, stator and regulating windings respectively, ohm.
L_{11}, L_{22}, L_{33}	= Self inductance per phase of the rotor stator and regulating windings respectively, henery.
M_{11}, M_{22}, M_{33}	= mutual inductances between each two phases of the rotor, stator and regulating windings respectively, henery.
$M_{1u2u}, M_{1u3u}, M_{2u3u}$	= mutual inductances between the phases of the windings denoted by subscripts, henery.
$i_{1u,v,w}, i_{2u,v,w}$	= instantaneous phase values of the primary and secondary currents respectively, ampere.

-
12. Bahgat, F., "Propeller Curvature of Flow", International Shipbuilding Progress. Under Publication.
 13. Ludwig and Ginzel, "On the Theory Screw with Wide Blades", Aerodynamische Versuchsanstalt.
Goettingen Report 44/A/08, 1944.
(also) Strassl, "Camber correction for screw Propellers", M.A.P. Voelkenrode, Ref. MAP-VG 90T, 1245.
 14. Ginzel, C. I., "Theory of the Broad-Bladed Propeller", C.P. No. 208, A.R.C. Technical Report 1955.
 15. Weissinger, J., "The Lift Distribution Report No. 942, 1955.
of Swept Back Wings", N.A.C.A.T.M. No. 1120, 1947.
 16. Lerbs, H. W., "Propeller Pitch Correction Arising from Lifting Effect", D.T.M.B.
 17. Bahgat, F., "Axial Diagrams of Induced Velocities for Marine Propellers", Proceedings of the Engineering Societies, Vol. 1, No. 2, Oct. 1962.
 18. Bahgat, F.: "Marine Propeller Induced Velocity Field", Proceedings of the Engineering Societies, Vol. II, No. 1, Jan. 1963.

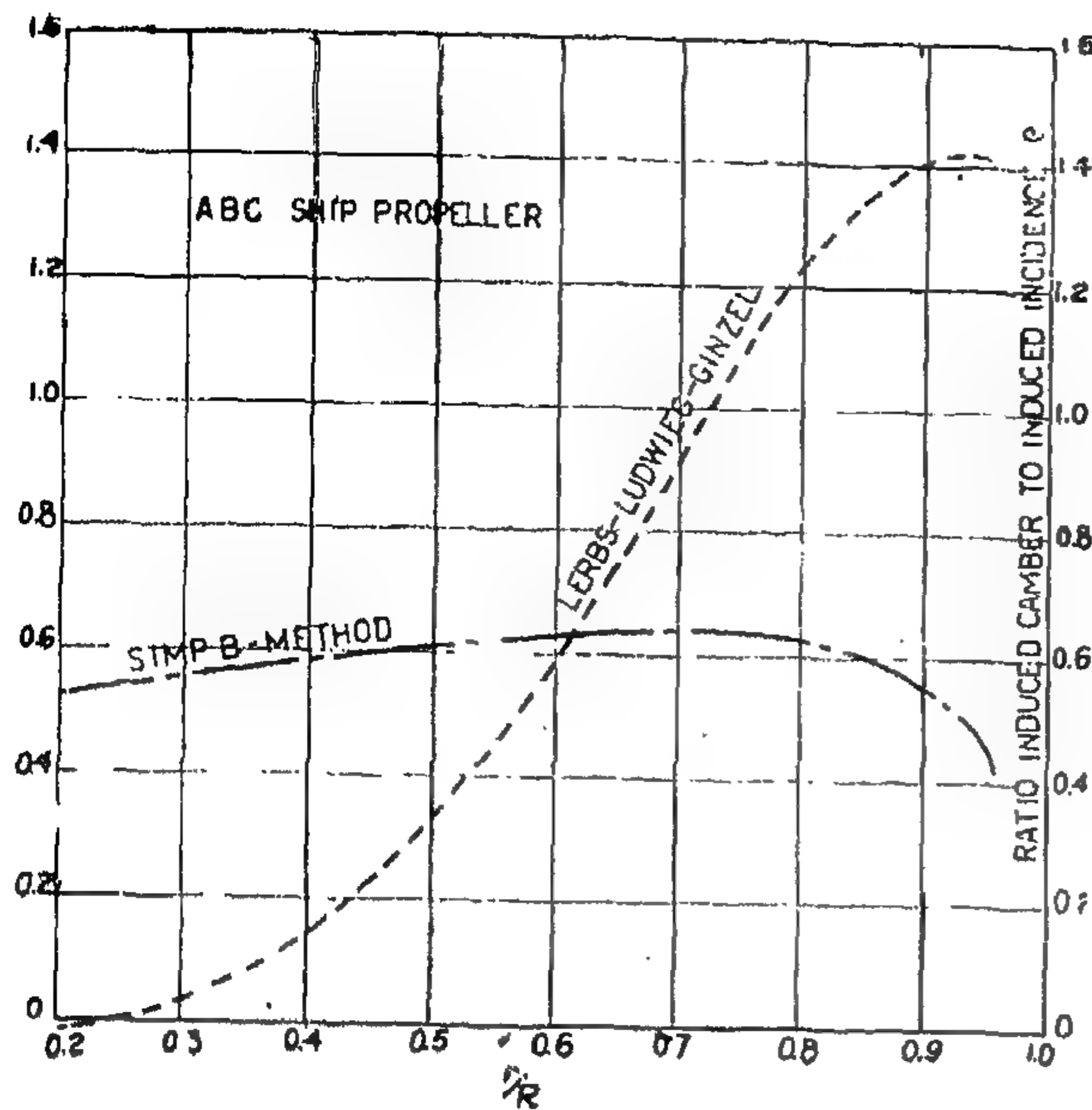


FIG. (21)

simplified B-Method to three different propellers, very close agreement has been found suggesting the use of the simplified B-Method for practical propeller design due to its ease and simplicity of application.

5. The ratio of the induced camber to induced incidence resulting from the application of either than B-Method or the simplified B-Method seems to render a maximum value of 0.75 to 0.85 at about the 0.6 to 0.7 radius sections, with slightly smaller values near both the tip and boss of the propeller blade. On the other hand the same ratio seems to be increasing from root to blade tip in other design methods particularly the Lerbe-Ludwig-Ginzel method.

REFERENCES

1. Eckhardt, M. K. and Morgan, W. B., "A Propeller Design Method", Trans. Society of Naval Arch. and Marine Engineers, 1955.
2. Burrill, L. C. and Yang, C. S. "The Effect of Radial Pitch Variation on the Performance of a Marine Propeller", Trans. Institution of Naval Architects. 1953.
3. Lerbs, H. W., "Moderately loaded Propellers with Finite Number of Blades and an Arbitrary Distribution of Circulation", Trans. S.N.A.M.E. vol. 60, 1952, pp. 73-117
4. Van Manen J. D. and Troost, L., "The Design of Ship Screws of Optimum Diameter for an Unequal Velocity Field" Trans. S.N.A.M.E. Vol. 60, 1952.
5. Van Lammeren, W. P. A., Troost, L., and Koning, J. G., "Resistance, Propulsion and Steering of Ships", Haarlem, Holland, 1948.
6. Troost, L., "The Pitch Distribution of Wake-Adapted Marina Propellers", Trans. S.N.A.M.E. Vol. 64, 1956.
7. BURRILL, L. C., "The Optimum Diameter of Marine Propellers: A New Design Approach". Trans. N.E.C.I.E.S, 1955.
8. Van Manen, J. D., "Thrust Deduction and a Proposed Formula For Its Radial Distribution", International Shipbuilding Progress, Vol. 2, No. 8, 1955.
9. Saunders, H. E., "Hydrodynamic in ships Design", Vol. I and II, S.N.A.M.E., 1957.
10. Walchner, "Profile Measurements with Cavitation", Hydro. Probleme des Schiffsantriebes, Vol. 1, Hamburg, 1932.
11. Milam, A. B. and MORGAN, W. B., "Section Moduli and Incipient Cavitation Diagrams for a Number of N.A.C.A. Sections". D.T.M.F., Report No. 1177.

Table (4)
III ABC SHIP PROPELLER CAMBER AND PITCH DISTRIBUTIONS.
(A) LERBS - LUDWIES - GINZEL METHOD

χ	Basic pitch (Lerbs)				Lerbs - Ludwies - Ginzels Method						Camber ratio		
					β_i	α_2	α_1	β_i	$\tan \beta_i$	P-Tt	D/D	Eff. Basic mx l/l	Total mx l/l
	$2\pi r$	$\tan \beta_i$	P-Ft	P/D									
0.2	12.56	1.7363	21.81	1.090	60.06	3.88	0.65	64.59	2.1050	26.44	1.322	0.0224	0.0213
0.3	18.84	1.1795	22.22	1.101	49.71	3.38	0.74	53.83	1.3678	25.77	1.288	0.0265	0.0284
0.4	25.12	0.8912	22.39	1.119	41.71	2.60	0.74	45.50	1.0018	25.16	1.258	0.0276	0.0341
0.5	31.40	0.7139	22.42	1.121	35.52	1.92	0.69	38.13	0.7849	24.64	1.232	0.0269	0.0379
0.6	37.68	0.5937	22.37	1.118	30.70	1.39	0.63	32.72	0.6425	24.21	1.210	0.0252	0.0403
0.7	43.96	0.5075	22.31	1.115	26.91	1.20	0.55	28.48	0.5425	23.85	1.182	0.0228	0.0403
0.8	50.24	0.4420	22.21	1.110	23.85	0.76	0.47	25.08	0.4680	23.51	1.175	0.0194	0.0361
0.9	56.52	0.3896	22.02	1.101	21.28	0.59	0.40	22.27	0.4095	23.14	1.157	0.0167	0.0312
0.95	59.66	0.3676	21.93	1.096	19.18	0.53	0.36	21.07	0.3853	22.99	1.149	0.0152	0.0282

(B) SIMPLIFIED B - METHOD (i) CAMBER DISTRIBUTION

χ	ℓ	$\sin \beta_i$	χ'	F_a	μ_a	$\cos \beta$	$F_a \mu_a \cos \beta$	μ_t	F_t	$\sin \beta$	$F_t \mu_t \sin \beta$	μ_n	V^*	$\frac{\mu_n}{V^*}$	$\ell \tan \alpha_2$	$\frac{m \times l}{\ell}$	Eff Basic $m \times l$	Total $m \times l$
0.2	4.24	0.8666	0.0917	1.095	2.081	0.6044	1.368	3.614	1.887	0.7985	5.42	6.788	33.56	0.201	0.100	0.0250	0.0224	0.0474
0.3	4.47	0.7627	0.0851	1.095	3.328	0.7381	2.68	3.926	1.815	0.6764	4.81	7.490	41.13	0.182	0.0908	0.0227	0.0265	0.0492
0.4	4.69	0.6653	0.0780	1.095	4.358	0.8207	3.86	3.884	1.750	0.5729	3.86	7.72	49.32	0.157	0.0788	0.0197	0.0276	0.0473
0.5	4.865	0.5810	0.0707	1.102	5.158	0.8722	4.89	3.683	1.655	0.4891	2.96	7.85	57.98	0.136	0.0680	0.017	0.0260	0.0430
0.6	5.010	0.5105	0.0639	1.105	5.795	0.9074	5.79	3.441	1.545	0.4219	2.24	8.03	67.03	0.1197	0.0600	0.015	0.0252	0.0402
0.7	5.098	0.4525	0.0577	1.115	6.267	0.9300	6.47	3.181	1.390	0.3687	1.63	8.10	76.28	0.1062	0.0528	0.0132	0.0228	0.0360
0.8	5.057	0.4034	0.0510	1.145	6.642	0.9455	7.19	2.936	1.205	0.3256	1.15	8.34	85.71	0.0973	0.0488	0.0122	0.0194	0.0316
0.9	4.389	0.3630	0.0398	1.240	7.091	0.9579	8.41	2.763	1.100	0.2876	0.875	9.285	95.37	0.0973	0.0488	0.0122	0.0167	0.0289
0.95	3.509	0.3450	0.0303	1.310	7.233	0.9623	9.11	2.639	1.065	0.2720	0.766	9.876	100.43	0.0985	0.0492	0.0123	0.0152	0.0275

* from (fig. 6) χ' from (fig. 7)
where $\mu_n = F_a \mu_a \cos \beta + F_t \mu_t \sin \beta$ and $\chi' = \frac{\ell \sin \beta_i}{\pi r}$ Pitch Distribution.

χ	$\ell/2 \tan \alpha_2$	$\ell/2$	$\tan \alpha_2$	α_2	α_1	β_i	β_i'	$\tan \beta_i'$	$2\pi r$	PFT	D/D
0.2	0.100	2.12	0.0472	2.70	0.65	60.06	63.41	2.000	12.56	25.12	1.256
0.3	0.0908	2.235	0.0406	2.32	0.74	49.71	52.77	1.325	18.84	25.00	1.250
0.4	0.0788	2.345	0.0336	1.92	0.74	41.71	44.37	0.977	25.12	24.53	1.226
0.5	0.0680	2.432	0.0279	1.54	0.69	35.52	37.35	0.775	31.40	24.30	1.215
0.6	0.0600	2.505	0.0240	1.375	0.63	30.70	32.70	0.642	37.68	24.20	1.210
0.7	0.0528	2.549	0.0207	1.190	0.55	26.91	28.65	0.546	43.96	23.95	1.197
0.8	0.0488	2.528	0.0193	1.110	0.47	23.85	25.43	0.476	50.24	23.90	1.195
0.9	0.0488	2.194	0.0223	1.280	0.40	21.28	22.96	0.424	56.52	23.95	1.197
0.95	0.0492	1.754	0.0286	1.610	0.36	20.18	22.15	0.407	59.66	24.25	1.212

Table 3— (contd.).

(C) SIMPLIFIED B — METHOD : — (i) Camber · distribution.

x	l	$\sin \beta_i$	x'	\mathcal{F}_a	μ_a	$\cos \beta$	$\mathcal{F}_a \mu_a \cos \beta$	μ_t	\mathcal{F}_t	$\sin \beta$	$\mathcal{F}_t \mu_t \sin \beta$	$\mu n \#$	V^*	$\frac{\mu n \#}{V^*}$	$\frac{l \tan \alpha_2}{2}$	$\frac{mxl}{l}$	EffBasic mx/l	Total mx/l
0.2	3.60	0.892	0.1284	1.135	3.75	0.553	2.35	7.39	1.893	0.833	11.62	13.97	70.92	0.197	0.098	0.0246	0.0148	0.0394
0.3	4.49	0.795	0.1428	1.155	6.58	0.706	5.36	8.63	1.838	0.708	11.22	16.58	83.44	0.199	0.099	0.0248	0.0145	0.0393
0.4	5.28	0.697	0.1472	1.170	8.93	0.798	8.34	8.69	1.785	0.601	9.32	17.66	98.29	0.180	0.090	0.0225	0.0130	0.0355
0.5	5.87	0.608	0.1428	1.185	10.117	0.857	10.29	7.74	1.715	0.516	6.85	17.14	114.48	0.150	0.075	0.0187	0.0102	0.0289
0.6	6.10	0.528	0.1288	1.190	10.26	0.892	10.89	6.38	1.615	0.448	4.62	15.51	131.85	0.118	0.059	0.0147	0.0078	0.0225
0.7	5.67	0.460	0.1044	1.215	9.54	0.919	10.63	4.94	1.480	0.395	2.89	13.52	149.55	0.090	0.045	0.0113	0.0060	0.0173
0.8	4.69	0.403	0.756	1.200	8.43	0.936	9.47	3.71	1.315	0.352	1.72	11.19	167.82	0.067	0.033	0.0083	0.0045	0.0128
0.9	3.20	0.355	0.0456	1.270	6.97	0.949	8.40	2.65	1.120	0.317	0.94	9.34	186.35	0.050	0.025	0.0062	0.0037	0.0099

* from (fig. 6) ** from (fig. 7)

 Where $\mu n \# = \mathcal{F}_a \mu_a \cos \beta + \mathcal{F}_t \mu_t \sin \beta$, and $x' = \frac{l}{4R} \sin \beta_i = 0.04 l \sin \beta_i$

(ii) Pitch distribution (Simplified B — method)

x	$\frac{l \tan \alpha_2}{2}$	$l/2$	$\tan \alpha_2$	α_2	α_1	β_i	β_i'	$\tan \beta_i'$	$2\pi r$	P-FT	D/D
0.2	0.098	1.80	0.0545	3.12	0.24	63.12	66.48	2.300	7.85	18.10	1.442
0.3	0.099	2.245	0.0441	2.50	0.26	52.66	55.42	1.450	11.77	17.21	1.376
0.4	0.090	2.64	0.0341	1.95	0.24	44.22	46.41	1.050	15.70	16.50	1.320
0.5	0.075	2.935	0.0256	1.47	0.20	37.42	39.09	0.813	19.63	15.95	1.276
0.6	0.059	3.05	0.0193	1.10	0.16	31.89	33.15	0.653	23.55	15.35	1.230
0.7	0.045	2.835	0.0159	0.91	0.13	27.39	28.43	0.541	27.50	14.88	1.190
0.8	0.033	2.345	0.0141	0.81	0.11	23.76	24.68	0.459	31.40	14.40	1.152
0.9	0.025	0.60	0.0156	0.89	0.05	20.78	21.72	0.399	35.30	14.10	1.128

Table (3)
CAMBER AND PITCH DISTRIBUTIONS.
II Free running propeller - N.T line datum.
(A) Lerbs-Ludwig-Ginzel method

x	Basic pitch(Lerbs)				Lerbs- Ludwieg- Ginzel (Pitch)								Camber ratio	
	$2\pi r$	$\tan \beta_i$	P-FT	P/D	β_i	α_2	α_1	β'_i	$\tan \beta'_i$	P-FT	P/D	eff.Basic mx/l	Total mx/l	
0.2	7.85	1.972	15.48	1.239	63.12	1.14	0.24	64.50	2.0965	16.46	1.317	0.0148	0.0199	
0.3	11.77	1.311	15.43	1.234	52.66	1.39	0.26	54.34	1.3937	16.38	1.310	0.0145	0.0235	
0.4	15.70	0.973	15.28	1.222	44.22	1.45	0.24	45.91	1.0323	16.20	1.297	0.0130	0.0246	
0.5	19.63	0.765	15.02	1.202	37.42	1.41	0.20	39.03	0.8107	15.92	1.275	0.0102	0.0224	
0.6	23.55	0.622	14.65	1.173	31.89	1.31	0.16	33.36	0.6574	15.51	1.240	0.0078	0.0195	
0.7	27.50	0.518	14.24	1.140	27.39	1.18	0.13	28.70	0.5475	15.07	1.205	0.0060	0.0174	
0.8	31.40	0.440	13.82	1.106	23.76	1.08	0.11	24.95	0.4653	14.63	1.172	0.0045	0.0152	
0.9	35.30	0.380	13.41	1.072	20.78	1.02	0.05	21.85	0.4010	14.12	1.130	0.0037	0.0146	

(B) B-Method (i) Pitch distribution

x	L.E. Ordinate	T.E. Ordinate	DIFF	$\tan \alpha_2$	α_2	α_1	β_i	β'_i	$\tan \beta'_i$	$2\pi r$	P-FT	P/D
0.2	0.0702	0.1181	0.1883	0.0524	3.00	0.24	63.12	66.36	2.290	7.85	17.95	1.438
0.3	0.0758	0.1133	0.1891	0.0421	2.42	0.26	52.66	55.34	1.446	11.77	17.00	1.361
0.5	0.0678	0.0882	0.1560	0.0266	1.54	0.20	37.42	39.16	0.813	19.63	15.99	1.279
0.7	0.0417	0.0542	0.0959	0.0169	0.97	0.13	27.39	28.49	0.542	27.50	14.90	1.195
0.9	0.0224	0.0294	0.0518	0.0162	0.92	0.05	20.78	21.75	0.399	35.30	14.50	1.120

B-Method (ii) Camber distribution

x	DIFF	MEAN DIFF AT *	ADDED CAMBER AT *	l	INDUCED CAMBER AT *	EFF. Basic CAMBER	CAL. CAMBER AT *	TOTAL CAMBER AT *	TOTAL mx/l
0.2	0.1883	0.0941	0.0239	3.60	0.0720	0.0532	0.1252	0.1491	0.0414
0.3	0.1891	0.0945	0.0187	4.49	0.0900	0.0652	0.1552	0.1739	0.0387
0.5	0.1560	0.0780	0.0102	5.87	0.0920	0.0598	0.1518	0.1620	0.0276
0.7	0.0959	0.0479	0.0062	5.67	0.0582	0.0340	0.0922	0.0984	0.0174
0.9	0.0518	0.0259	0.0035	3.20	0.0190	0.0148	0.0308	0.0343	0.0107

(Table 2 - contd.)

(D) BURRILL'S METHOD.

$$V = 1.688 \times 21 = 35.4 \text{ Ft/sec} ; \frac{1}{nD} = \frac{60}{102 \times 21} = 0.028, K_a = \frac{9.53}{D^2 \left(\frac{ND}{1000} \right)^3} = \frac{9.53 \times 17.500}{21^2 \left(\frac{102 \times 21}{1000} \right)^3} = \frac{9.53 \times 17.500}{21^2 \times 10^{-3}} = 0.0385, K_a = \frac{0.0385}{0.52} = 0.0726$$

(Table 2 - contd.)

$$\tan \phi = 0.458, \phi = 24.65^\circ, \epsilon = 2\phi - \psi = 49.30 - 18.80 = 30.50^\circ, \chi \pi \tan \epsilon = 0.75 \times 3.14 \times 0.59 = 1.39, \chi \tan \epsilon = 0.442$$

 α_0 (Theory) burrill's method

χ	$1-w_z$	V_A	\mathcal{J}'_{v_a}	πx	$\tan \psi$	ψ	$\chi \tan \epsilon$	$\tan \epsilon$	ϕ	$\tan \phi$	KT'	KQ'
0.875	0.822	29.1	0.816	2.750	0.297	16.55	0.442	0.505	21.67	0.397	0.360	0.069
0.75	0.808	28.6	0.802	2.355	0.3405	18.80	0.442	0.590	24.65	0.458	0.382	0.073
0.50	0.751	26.6	0.745	1.570	0.475	25.43	0.442	0.885	33.46	0.661	0.273	0.048
0.25	0.620	21.9	0.614	0.785	0.783	38.10	0.442	1.770	49.30	1.163	0.080	0.012
											1.095	0.202
											0.1875	0.1875
											0.205	0.03785

$$\frac{Bc}{2\pi r} = \frac{4c}{2\pi r} = 0.637 \frac{c}{r}, \alpha = \frac{9.12 CL}{K_s K_g}, \% t \cdot \frac{y}{c} = \frac{K_c \chi CL}{K_s \chi K_{\alpha_0}} = \frac{0.1 CL}{K_s \chi K_{\alpha_0}}$$

χ	CL	$\frac{C}{FT}$	r ft	σ	t/c	K_s Slope Correction	K_g Cascade Correction	$K_s \chi K_g$	K_{α_0} No lift angle Correction	$\phi + \alpha$	$K_s \chi K_{\alpha_0}$	$\% t \cdot \frac{y}{c}$
0.875	0.235	4.74	9.19	0.329	0.037	0.948	0.915	0.867	2.470	24.14	0.890	0.0279
0.75	0.272	5.78	7.87	0.468	0.049	0.947	0.825	0.781	3.175	27.825	0.890	0.0323
0.50	0.380	5.96	5.25	0.724	0.0915	0.940	0.709	0.666	5.20	38.66	0.889	0.0455
0.25	0.540	4.95	2.62	1.2005	0.173	0.895	0.580	0.519	9.48	58.78	0.842	0.0719

$$\alpha_i + \alpha_{NT} = \alpha + \Delta \alpha_g - \alpha_0, \theta_1 = NT \text{ angle} = \theta + \alpha_{NT} = \phi + (\alpha_i + \alpha_{NT}) - \Delta \alpha_0 = \phi + \alpha + \Delta \alpha_g - \alpha_0 - \Delta \alpha_0$$

$$\alpha_0 = \left(\frac{\text{act. camber}}{\text{act. camber}} \right) \alpha_0 \text{ act}$$

χ	α_0 Theory	$\alpha_{\text{act.}}$ $= \alpha_0 \times K_{\alpha_0}$ Cascade Correction	$K_g \alpha_0$ Cascade Correction	$\Delta \alpha_g$ $= K_g \alpha_0$ $\times \frac{t}{c} \cdot \frac{y}{c}$	actual $\frac{y}{c}$	$\alpha + \Delta \alpha_g$	$\alpha_i + \alpha_{NT}$	$\% t \cdot \frac{y}{c}$ act $\frac{y}{c}$	ratio	$\Delta \alpha_0$	$\alpha_i + \alpha_{NT}$ $- \Delta \alpha_0$	ϕ	θ_1 angle	$\tan \theta_1$	$2\pi \tan \theta_1$
0.875	1.62	1.44	0.022	0.0356	0.01594	2.505	1.065	0.0196	0.75	1.08	0.0144	21.67	21.66	0.397	1.09
0.75	1.875	1.668	0.072	0.135	0.01845	3.310	1.642	0.01385	0.75	1.25	0.0392	24.65	25.04	0.467	1.10
0.50	2.620	2.325	0.188	0.492	0.02585	5.692	3.267	0.01970	0.763	1.775	1.592	33.46	35.05	0.702	1.10
0.25	3.72	3.130	0.320	1.190	0.03665	10.670	7.540	0.03525	0.962	3.01	4.53	49.30	53.83	1.370	1.075

$$\text{Theory } \alpha_0 = \frac{\sum y}{\text{chord}} = 101.600 \times \frac{y}{c}$$

Station	Position from LE	y (0.8 ML)	Multip- liers.	Function
y ₁	0.05	0.271	5.04	1.365
y ₂	0.10	0.448	3.38	1.515
y ₃	0.15	0.570	3.01	1.710
y ₄	0.20	0.699	2.87	2.005
y ₅	0.25	0.781	2.81	2.200
y ₆	0.30	0.863	2.84	2.450
y ₇	0.35	0.912	2.92	2.660
y ₈	0.40	0.961	3.09	2.970
y ₉	0.45	0.988	3.32	3.384
y ₁₀	0.50	1.000	3.64	3.640
y ₁₁	0.55	0.989	4.07	4.020
y ₁₂	0.60	0.978	4.64	4.540
y ₁₃	0.65	0.933	5.44	5.070
y ₁₄	0.70	0.889	6.65	5.910
y ₁₅	0.75	0.796	8.59	6.830
y ₁₆	0.80	0.703	11.40	7.880
y ₁₇	0.85	0.531	17.05	9.050
y ₁₈	0.90	0.359	35.40	12.700
y ₁₉	0.95	0.171	186.20	21.800
			Σ	101.600

Table 2 - (Contd):
(C) SIMPLIFIED B. METHOD (i) Chamber distribution

x	l	$\sin \beta_i$	x'	F_a^*	μ_a	$\cos \beta$	$F \mu \cos \beta$	μ_t	F_t^{**}	$\sin \beta$	$F_t \mu_t \sin \beta$	μ_{n*}	V^*	$\frac{u_{n*}}{V^*}$	$\frac{l}{2} \tan \frac{\alpha}{2}$	$\frac{m_{xi}}{l}$	Eff. Basic $\frac{m_{xi}}{l}$	Total $\frac{m_{xi}}{l}$
0.2	4.62	0.817	0.090	1.095	3.82	0.739	3.08	5.39	1.890	0.673	6.85	9.93	30.33	0.328	0.164	0.041	0.0383	0.0793
0.3	5.23	0.710	0.088	1.100	5.33	0.822	4.81	5.35	1.820	0.568	5.52	10.33	40.93	0.252	0.126	0.0315	0.0344	0.0659
0.4	5.69	0.619	0.084	1.105	6.28	0.871	6.05	4.93	1.755	0.490	4.24	10.29	51.49	0.200	0.100	0.025	0.0295	0.0545
0.5	5.96	0.544	0.077	1.107	6.87	0.903	6.86	4.43	1.662	0.429	3.16	10.02	62.03	0.162	0.081	0.020	0.0256	0.0456
0.6	6.07	0.482	0.070	1.110	7.26	0.926	7.45	3.97	1.555	0.380	2.34	9.79	72.66	0.135	0.067	0.017	0.0223	0.0393
0.7	5.96	0.431	0.061	1.135	7.45	0.942	7.79	3.54	1.400	0.340	1.68	9.47	83.38	0.113	0.056	0.014	0.0194	0.0334
0.8	5.46	0.389	0.050	1.150	7.67	0.953	8.40	3.22	1.255	0.307	1.24	9.64	94.07	0.102	0.051	0.013	0.0175	0.0305
0.9	4.39	0.353	0.037	1.225	7.74	0.962	9.10	2.91	1.100	0.279	0.89	9.99	104.91	0.095	0.047	0.012	0.0156	0.0276

from (fig 6) ** from (fig 7) ,

where $u_{n*} = F_a \mu_a \cos \beta + F_t \mu_t \sin \beta$
and $x' = \frac{l}{4R} \sin \beta_i = \frac{l}{10.5 \times 4} \sin \beta_i = 0.0238 l \sin \beta_i$

(ii) Pitch " Distribution

x	$\frac{l}{2} \tan \frac{\alpha}{2}$	$l/2$	$\tan \frac{\alpha}{2}$	α_2	α_1	β_i	β_i'	$\tan \beta_i'$	$2\pi r$	P-FT	P/D
0.2	0.164	2.310	0.0710	4.07	0.64.9	54.70	59.419	1.695	13.18	22.32	1.062
0.3	0.126	2.615	0.0482	2.76	0.58.2	45.12	48.462	1.131	19.78	22.35	1.064
0.4	0.100	2.845	0.0352	2.02	0.50.0	38.13	40.65	0.859	26.35	22.60	1.077
0.5	0.081	2.980	0.0272	1.56	0.43.4	32.82	34.814	0.696	32.92	22.90	1.090
0.6	0.067	3.035	0.0221	1.27	0.37.8	28.70	30.348	0.585	39.55	23.10	1.100
0.7	0.056	2.980	0.0188	1.08	0.32.8	25.41	26.818	0.506	46.15	23.32	1.110
0.8	0.051	2.730	0.0187	1.07	0.29.7	22.80	24.167	0.448	52.70	23.60	1.123
0.9	0.047	2.195	0.0214	1.22	0.26.5	20.60	22.085	0.406	59.30	24.10	1.147

(B) B-METHOD (i) Pitch Distribution

x	L.E. Ordinate	T.E. Ordinate	DIFF.	$\tan \alpha_2$	α_2	α_1	β_1	β_1'	$\tan \beta_1'$	$2 \pi r$	P-FT	P/D
0.2	0.1340	-0.1914	0.3254	0.0703	4.01	0.649	54.70	59.359	1.690	13.18	22.20	1.060
0.3	0.1145	-0.1504	0.2649	0.0505	2.90	0.582	45.12	48.602	1.134	19.78	22.40	1.062
0.5	0.0690	-0.0857	0.1542	0.0258	1.48	0.434	32.82	34.734	0.692	32.92	22.80	1.080
0.7	0.0505	-0.0608	0.1113	0.0187	1.06	0.328	25.41	26.798	0.502	46.15	23.20	1.110
0.9	0.0437	-0.0525	0.0962	0.0221	1.26	0.265	20.60	22.125	0.406	59.30	24.10	1.140

B-METHOD (ii) Camber Distribution

x	Diff.	Mean Diff. at Φ	Added Camber At Φ	r	Induced Camber At Φ	Eff. Basic Camber	Calculated Camber At Φ	Total Camber At Φ	Total m_x/l
0.2	0.3254	0.1627	0.0287	4.62	0.1560	0.1769	0.3329	0.3616	0.0781
0.3	0.2649	0.1324	0.0179	5.23	0.1470	0.1799	0.3269	0.3448	0.0658
0.5	0.1542	0.0771	0.0083	5.96	0.1050	0.1526	0.2576	0.2659	0.0446
0.7	0.1113	0.0556	0.0051	5.96	0.0775	0.1156	0.1931	0.1982	0.0334
0.9	0.0962	0.0481	0.0044	4.39	0.0485	0.0685	0.1190	0.1234	0.0282

TABLE (2)

I—WAKE ADAPTED PROPELLER
CAMBER AND PITCH DISTRIBUTIONS
N-T LINE DATUM

(A) LERBS-LUDWIEG-GINZEL METHOD

x	Basic Pitch (Lerbs)				Lerbs-Ludwig-Ginzel (Pitch)							Camber ratio	
	n π r	tan β_i	P _{-FT}	P/D	β_i	α_2	α_1	β_1'	tan β_1'	P _{-FT}	P/D	Camber ratio	
												Eff. Basic m_x/l	Total m_x/l
0.2	13.18	1.418	18.69	0.849	54.70	1.87	0.649	57.219	1.5529	20.47	0.971	0.0383	0.0349
0.3	19.78	1.008	19.94	0.907	45.12	2.00	0.582	47.702	1.0990	21.74	1.031	0.0344	0.0360
0.4	26.35	0.788	20.76	0.945	38.13	1.97	0.500	40.600	0.8571	22.58	1.071	0.0295	0.0367
0.5	32.92	0.648	21.33	0.970	32.82	1.87	0.434	35.124	0.7034	23.16	1.103	0.0256	0.0370
0.6	39.55	0.549	21.71	0.988	28.70	1.71	0.378	30.788	0.5954	23.56	1.122	0.0156	0.0363
0.7	46.15	0.477	22.01	1.000	25.41	1.61	0.328	27.348	0.5172	23.87	1.137	0.0194	0.0345
0.8	52.70	0.422	22.24	1.009	22.80	1.46	0.297	24.557	0.4570	24.08	1.147	0.0175	0.0320
0.9	59.30	0.377	22.36	1.016	20.60	1.37	0.265	22.235	0.4088	24.24	1.157	0.0156	0.0291

TABLE (1)

(i) WAKE-ADAPTED PROPELLER

Po = 21.96 ft.

x	$1-t_x$	$1-w_x$	$\frac{1-w_x}{1-w_0}$	P/P ₀					P-Ft				
				Lerbs $\frac{1-w_x}{1-w_0}$	Van Manen $\frac{1-w_x}{1-w_0}$	Van Lammereen $\frac{1-w_x}{1-w_0}$	Troost	Proposed $\frac{1-w_x}{1-w_0}$	Lerbs	Von Manen	Van Lammereen	Troost	Proposed
0.2	0.737	0.576	0.72	0.849	0.922	0.788	0.894	0.897	18.63	20.22	17.31	19.63	19.70
0.3	0.774	0.656	0.821	0.907	0.953	0.864	0.932	0.938	19.90	20.93	18.97	20.50	20.60
0.4	0.802	0.712	0.891	0.945	0.973	0.917	0.959	0.963	20.75	21.38	20.13	21.06	21.14
0.5	0.822	0.751	0.939	0.970	0.986	0.954	0.977	0.980	21.30	21.65	20.92	21.45	21.52
0.6	0.840	0.779	0.974	0.988	0.994	0.981	0.990	0.990	21.70	21.82	21.55	21.74	21.74
0.7	0.850	0.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	21.96	21.96	21.96	21.96	21.96
0.8	0.862	0.815	1.019	1.009	1.004	1.014	1.007	1.006	22.15	22.07	22.24	22.11	22.10
0.9	0.866	0.826	1.032	1.016	1.008	1.024	1.012	1.011	22.32	22.14	22.50	22.21	22.20
1.0	0.874	0.839	1.049	1.024	1.012	1.037	1.018	1.017	22.50	22.21	22.75	22.37	22.35

(ii) A.B.C. SHIP PROPELLER

0.2	0.912	0.780	0.968	0.984	0.992	0.977	0.9885	0.990	21.62	21.79	21.46	21.72	21.75
0.3	0.934	0.810	1.006	1.003	1.001	1.005	1.0025	1.002	22.04	21.99	22.08	22.03	22.00
0.4	0.942	0.822	1.021	1.010	1.005	1.016	1.0080	1.007	22.19	22.08	22.32	22.15	22.10
0.5	0.944	0.824	1.024	1.012	1.006	1.019	1.0095	1.008	22.23	22.10	22.39	22.18	22.13
0.6	0.941	0.821	1.020	1.010	1.005	1.016	1.0080	1.007	22.19	22.08	22.32	22.15	22.10
0.7	0.938	0.816	1.014	1.007	1.003	1.011	1.0055	1.005	22.12	22.04	22.21	22.09	22.01
0.8	0.933	0.809	1.005	1.002	1.001	1.004	1.0020	1.002	22.01	21.99	22.06	22.01	22.01
0.9	0.922	0.795	0.987	0.993	0.996	0.989	0.9945	0.996	21.82	21.88	21.73	21.85	21.88
0.95	0.919	0.789	0.980	0.990	0.995	0.984	0.9920	0.994	21.75	21.84	21.62	21.79	21.83

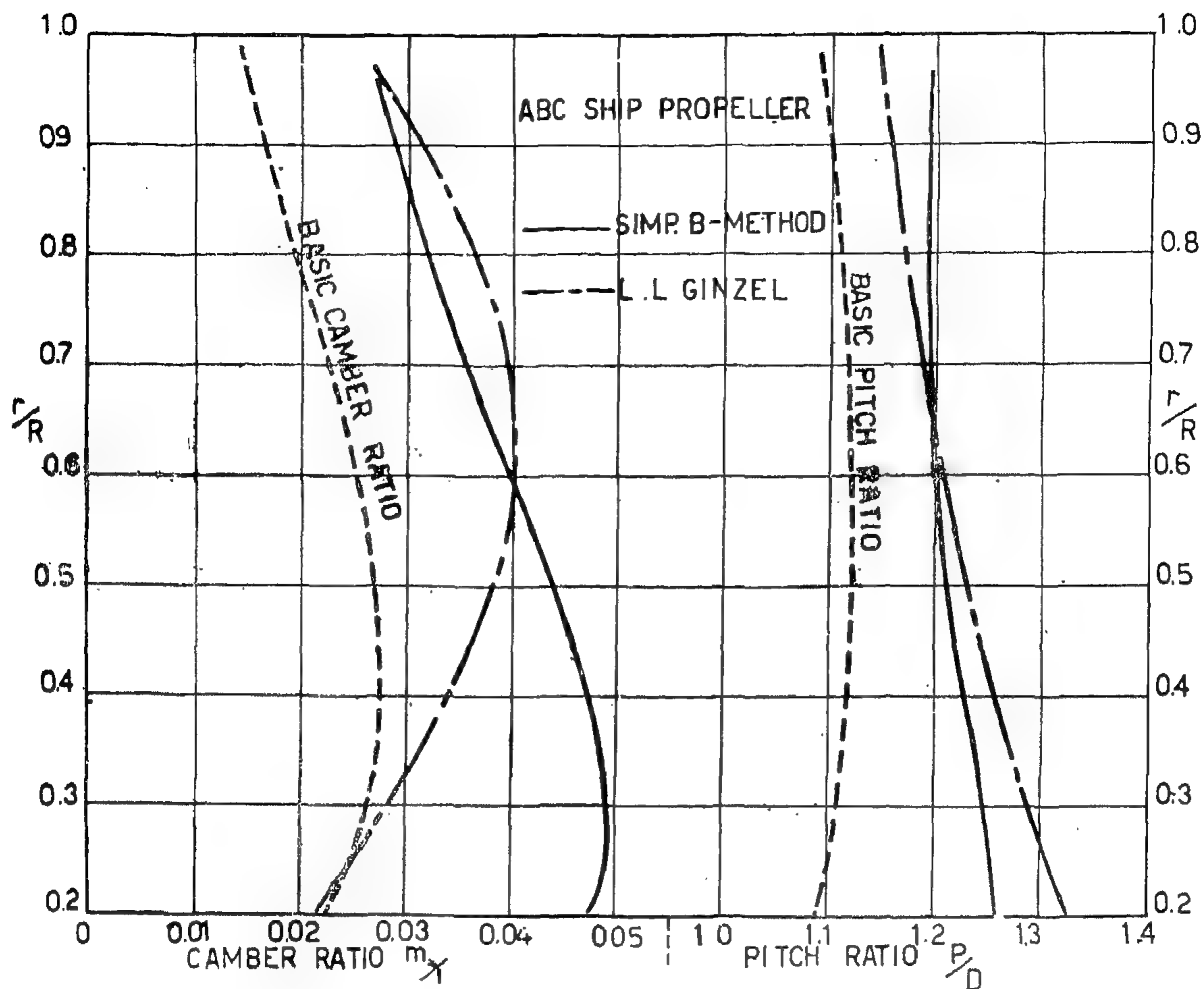


FIG. (17)

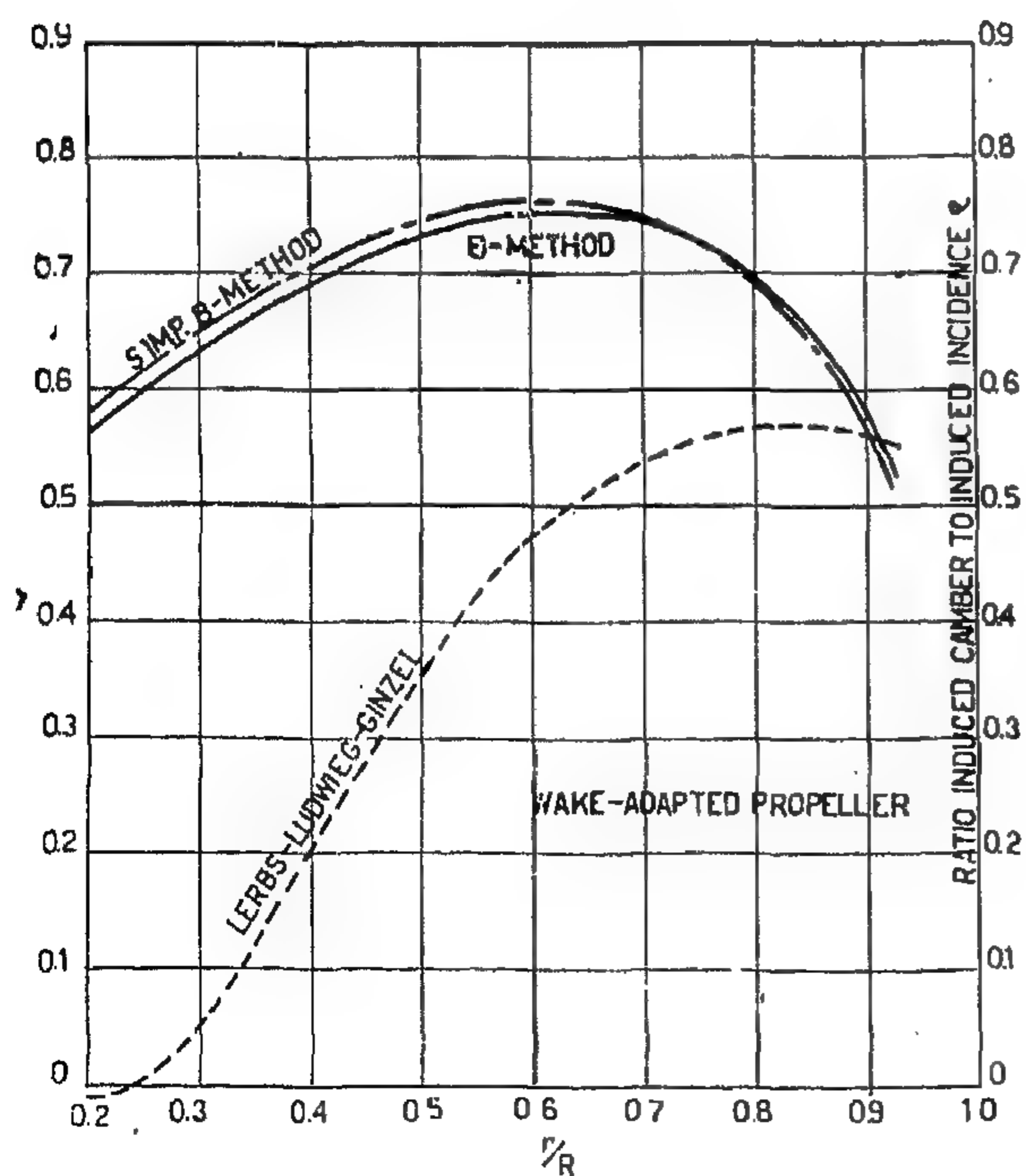


FIG. (18)

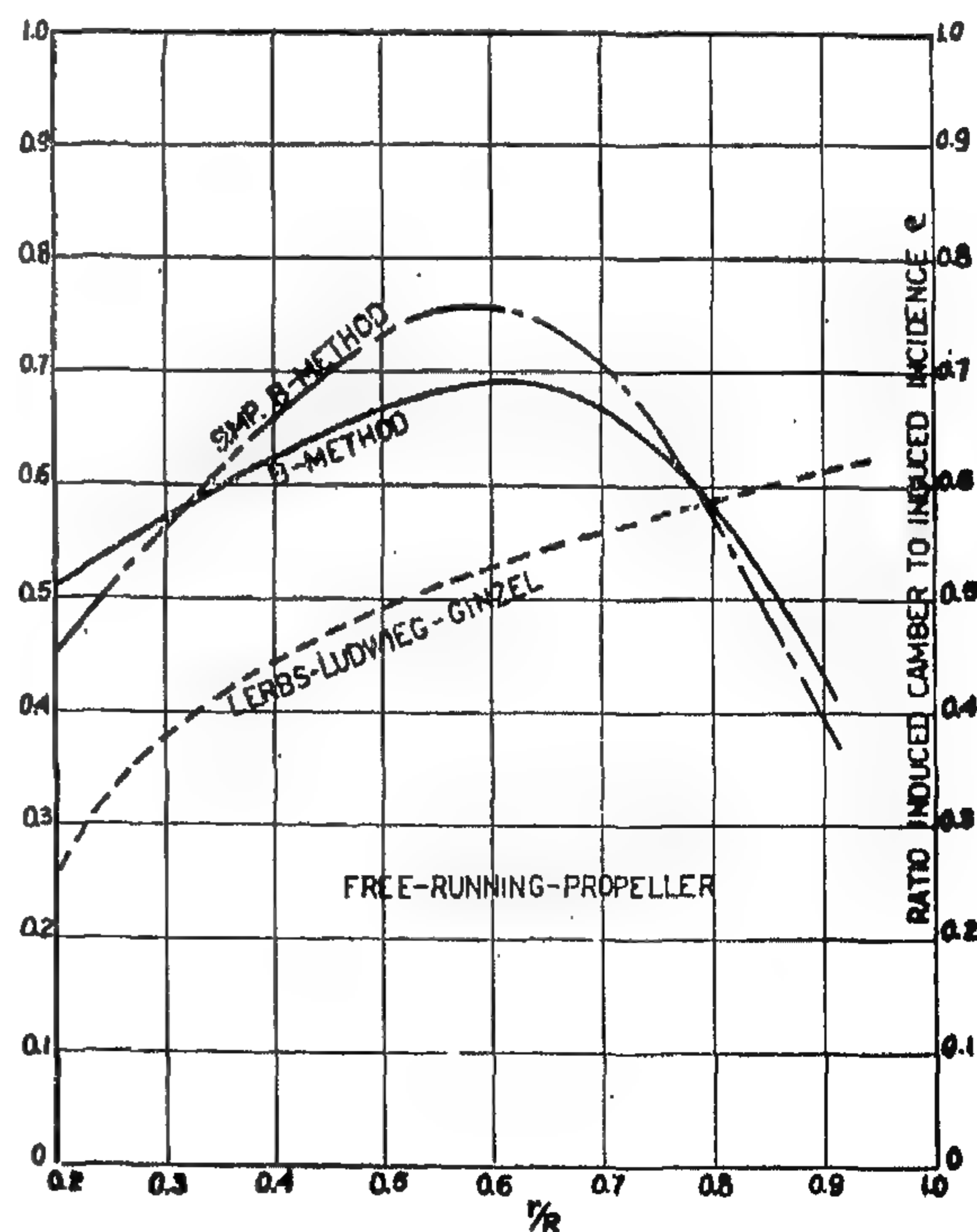


FIG. (19)

Ginzel method demonstrates a continual increase of that ratio from the root to the tip of the blade.

The free running propeller is shown on (fig. 19) with the ratio of induced camber to induced incidence for both the B-Method and the simplified B-Method in general agreement with the Lerbs-Ludwig-Ginzel method still increasing from root to tip.

On (fig. 20), the A B C ship propeller is shown to render a similar trend with the ratio of the induced camber exceeding that of the induced incidence near the blade tips.

Conclusions :

1. A formula has been proposed (equation 15) by which the effective or basic pitch dis-

tribution along the radius of any wake adapted marine propeller could be easily computed. The result of the application of such formulation in two separate cases seems to be in good agreement with those of other formulations.

2. The B-Method is shown to render in general higher camber ratios than the Lerbs-Ludwig-Ginzel method particularly near the root sections.

3. Close trend have been found in the application of both the B-Method and Burrill's method in what concerns both pitch and camber distributions.

4. When comparing the result obtained from application of both the B-Method and the

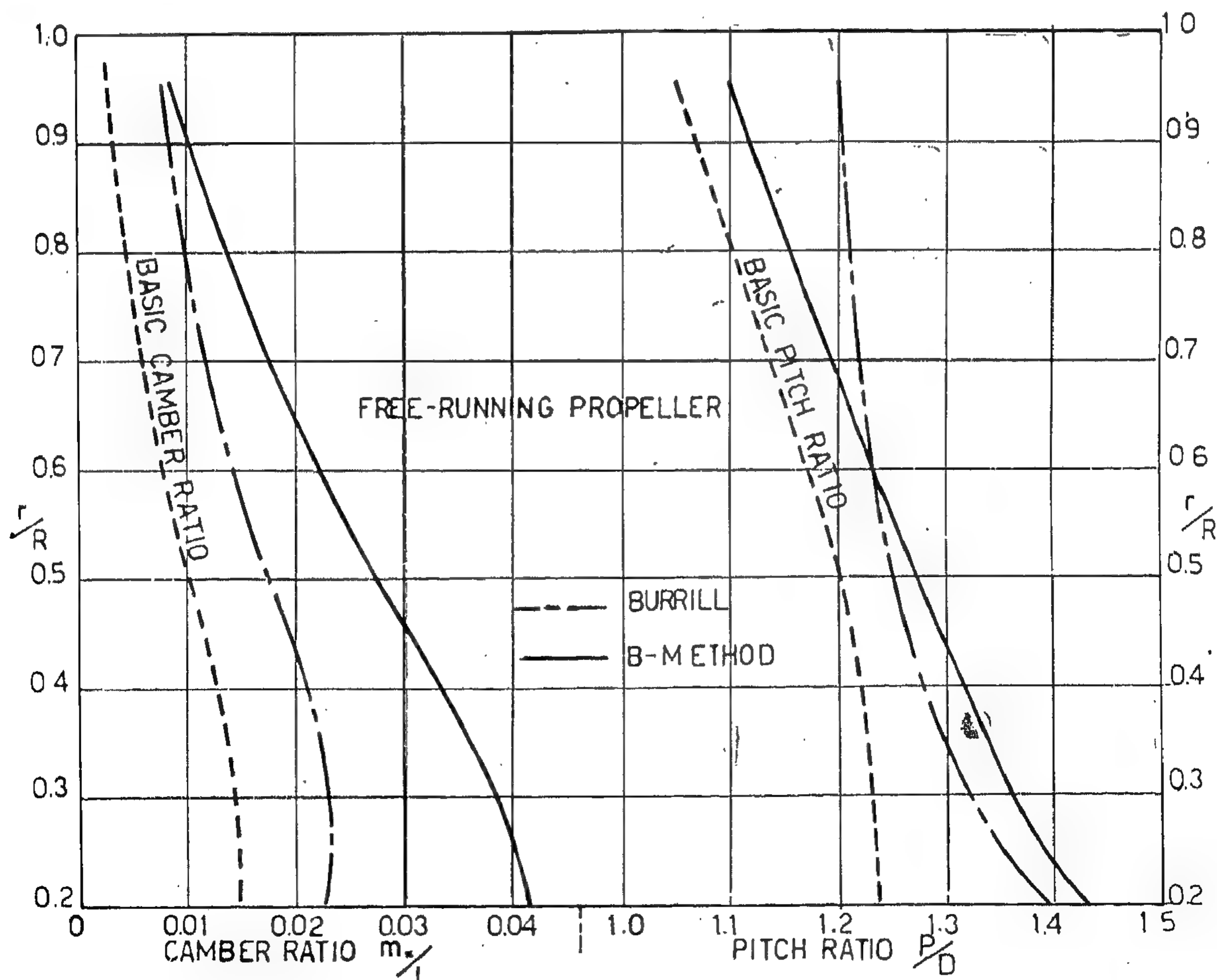


FIG. (16)

Ratio of Induced Camber to Induced Incidence (p)

The ratio of the induced camber to the induced incidence is considered here as criterion of the design methods to balance itself between the adaptation of both pitch and camber required for the final propeller design.

By the induced member we mean the camber $\frac{m \times i}{l}$ due to the intervention of the lifting surfaces conception whereas by the induced incidence we mean the tangent to the additional angle of attack α_2 in three dimensional flow namely $\tan \alpha_2$.

Hence the non-dimensional ratio of induced camber to induced incidence can be represented by $e = \frac{m_{x1}}{\tan \alpha_2}$

in (fig. 18) we have plotted the different values of such ratio as per the B-Method, Lerbs-Ginzel as well as the simplified B-Method for the wake adapted propeller.

As anticipated from the previous discussion both the B-Method and the simplified B-Method show a similar trend ; with the ratio of induced camber to induced incidence increasing from both the propeller tip and root to a maximum near the 0.6 Radius section of about 0.75. Meanwhile, Lerbs-Ludwig-

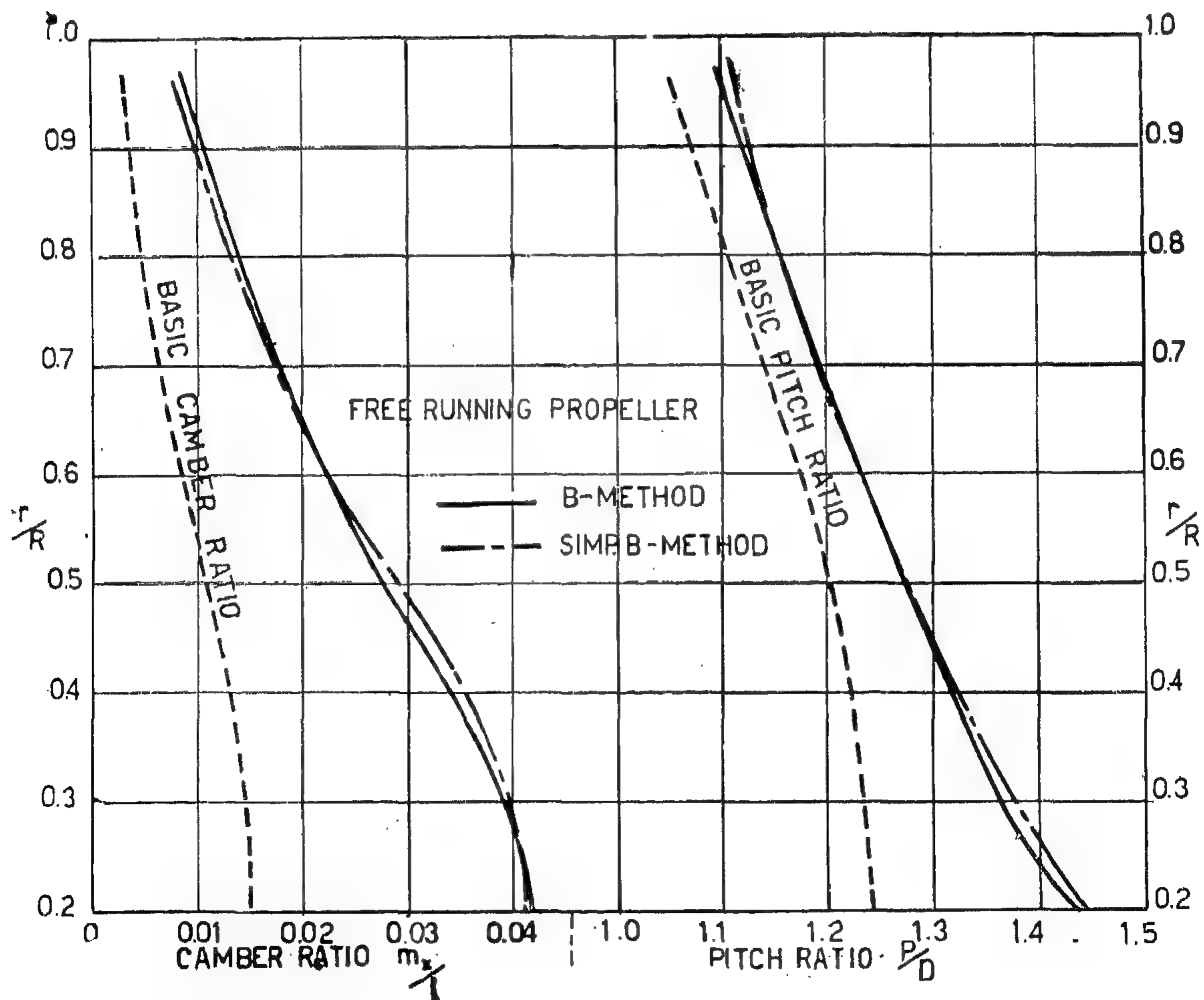


FIG. (15)

smaller values near the blade tip with practically the same value as the Lerbs-Ludwig-Ginzel method at the 0.7 radius section. The B-Method shows also more pitch at the root sections and slightly smaller values from the 0.5 radius section till the blade tip.

Furthermore, on (fig. 15) very close agreement is shown, once more, between the application of both the B-Method (table 3-B) and the simplified B-Method (table 3-C) in what concerns both the pitch as well as the camber ratio distribution along the blade radius. Meanwhile, for this particular propeller both the B-Method and Burrill's Method differ in their application particularly when considering the camber ratios as demonstrated on (fig. 16).

Finally with regard to the third propeller treated i.e., the A B C transom stern ship propeller; (fig. 17) shows a comparison between both the Lerbs-Ludwig-Ginzel calculations (table 4-A) and the simplified B-calculations (table 4-B). Both the basic camber ratios as well as the basic pitch ratios were retained in this treatment. Once more the results obtained by the simplified B-Method, or what is equivalent the R-Method, is shown to render more camber ratios near the root sections with smaller ratios near the tips. Meanwhile, the simplified B-Method gives rise to smaller pitch ratios near the root and higher pitch ratios near the blade than the Lerbs-Ludwig-Ginzel method.

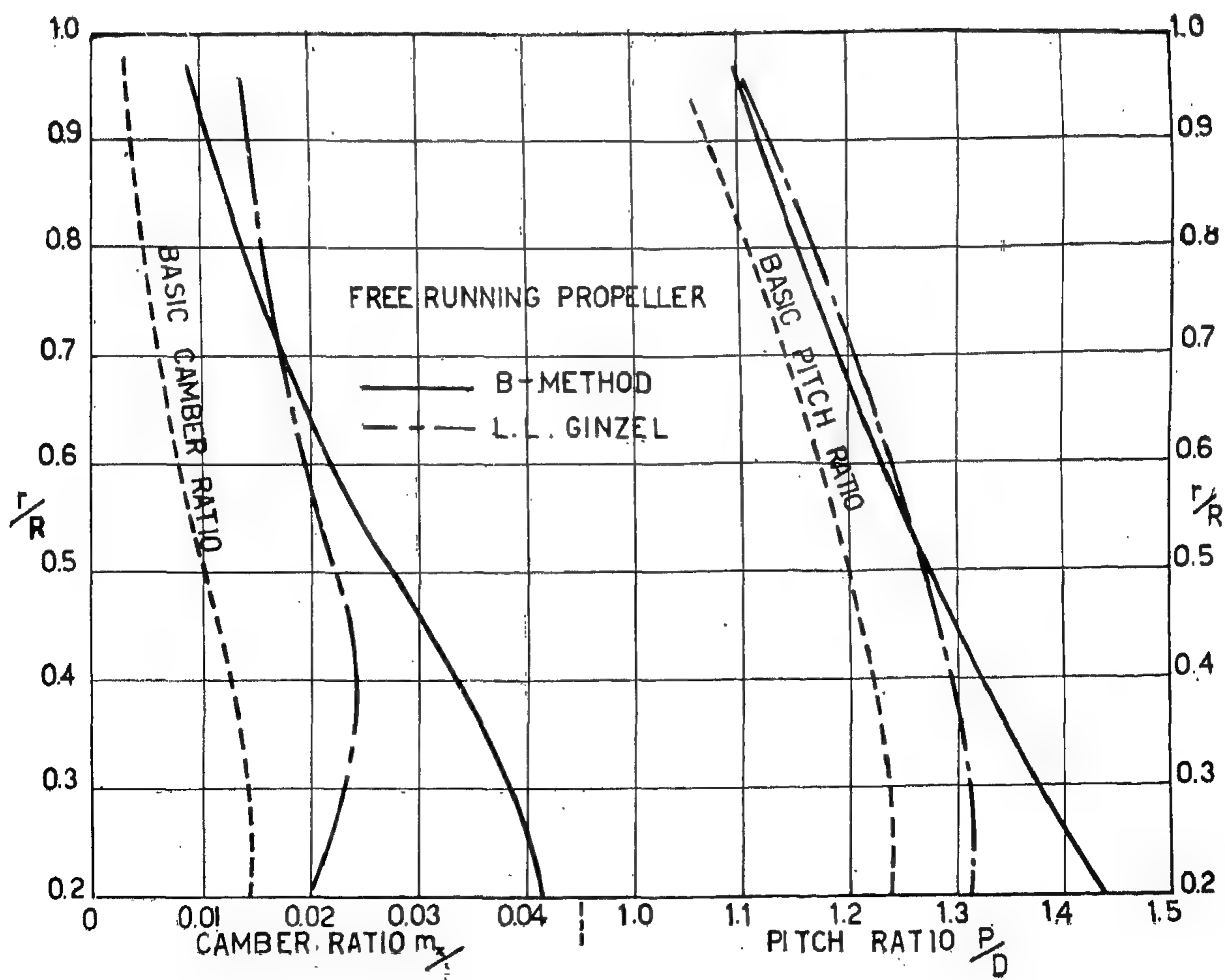


FIG. (14)

ratios, as calculated by both methods, both having the same basic pitch ratio as per Lerbs formulation. The B-Method is shown to render higher pitch ratios at the root sections and smaller pitch ratios from the 0.4 radius section till the blade tips.

On (fig. 12) the result of the calculations carried out by the use of the B-Method (table 2-B) and the simplified B-Method (table 2-C) are drawn. They seem to show remarkable agreement as well as a close trend in both pitch and camber ratios. This leads one to suggest the use of the simplified B-Method due to the ease and simplicity of application.

On (fig. 13), however, the result of applying the B-Method (table 2-B) is compared to

that resulting from the use of Burrill's method (table 2-B) for the same wake adapted propeller. Close agreement is shown between both results in what concerns the camber ratio (being the optimum y/c according to Burrill); while the pitch ratio seems to be identical at the 0.7 as well as the 0.2 radius sections with slight difference particularly near the tips.

The second case treated is the free-running propeller. The application of both the Lerbs-Ludwig-Ginzel method (table 3-A) and the B-method (table 3-B) are demonstrated graphically on (fig. 14) both having the same basic pitch as well as camber ratios. It is clearly shown that the B-Method renders again more camber ratios at the root sections with

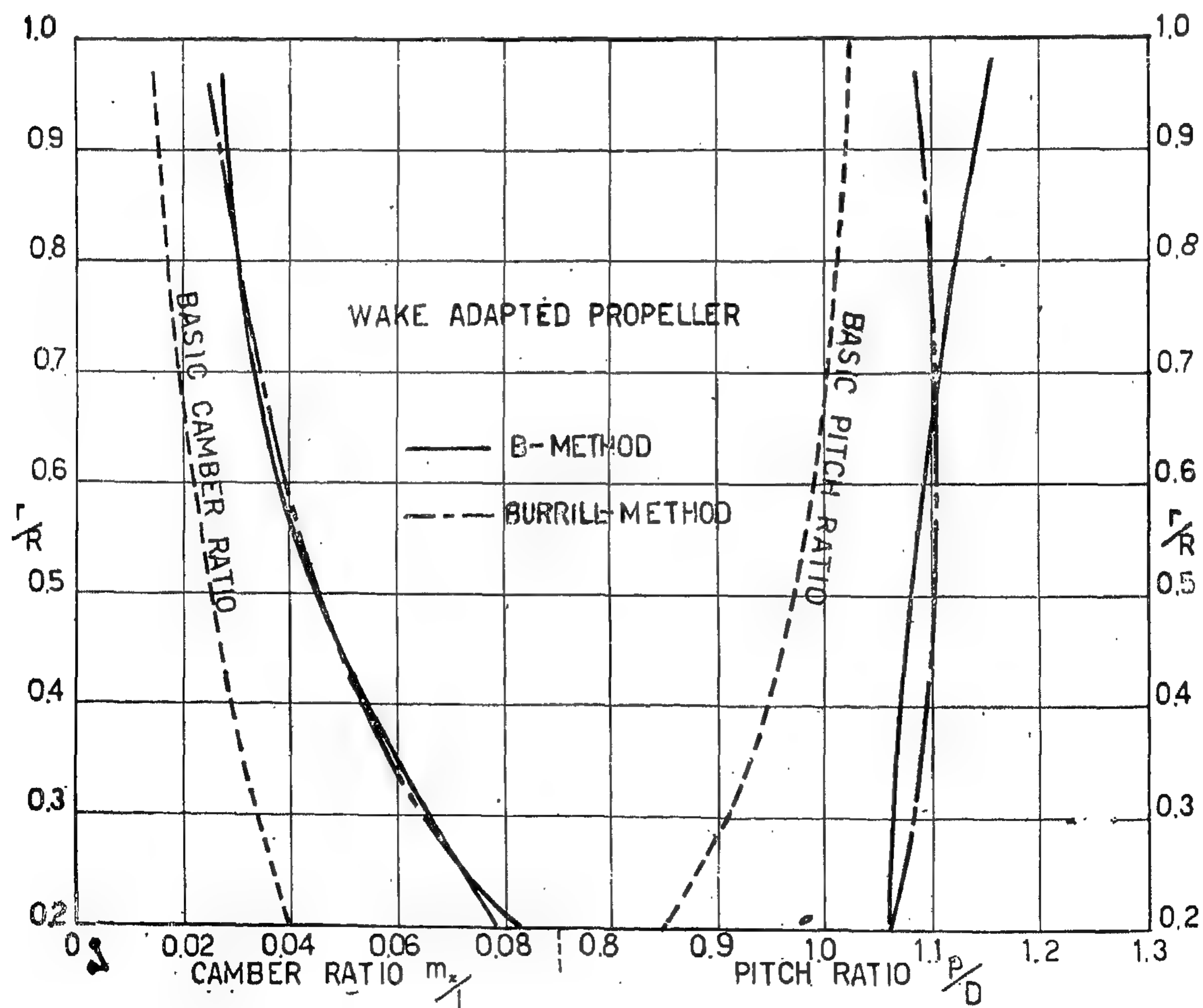


FIG. (13)

$$\text{or } P/P_0 = \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right)^{1/2}$$

and for the free running propeller

$$\tan \beta_1 = \frac{1}{\xi_1} \tan \beta$$

$$\text{or } P/P_0 = \pi x \tan \beta_1$$

Furthermore, in order to separate both the pitch and the camber so that each could be treated separately when applying the different calculation methods, the nose-tail line of the blade section should be considered as a base line. In this respect both angles of attack α_1 and α_2 , to take care of the intervention of viscosity as well as the correction due to lifting surface conception respectively, have to be added to the hydrodynamic pitch angle β_1 to get the nose-tail line which is to be used as datum of comparison (fig. 1). By so doing

both the pitch and the resulting camber as rendered by the different design methods, at the shock-free entrance condition, could be easily separated and hence compared.

Application to Three Propellers.

The first case treated here is the wake adapted propeller. The calculations carried out on this propeller by the use of Lerbs-Ludwig-Ginzel method (table 2-A) and the B-Method (table 2-B) are drawn on (fig. 11). The camber ratios are given on the left hand side of that figure with the same basic camber ratio used in both methods. The B-method, however, is shown to render higher camber ratios near the root section, while having almost the same values at the 0.7 radius section. The right hand side of (fig. 11) demonstrate the comparison between the pitch

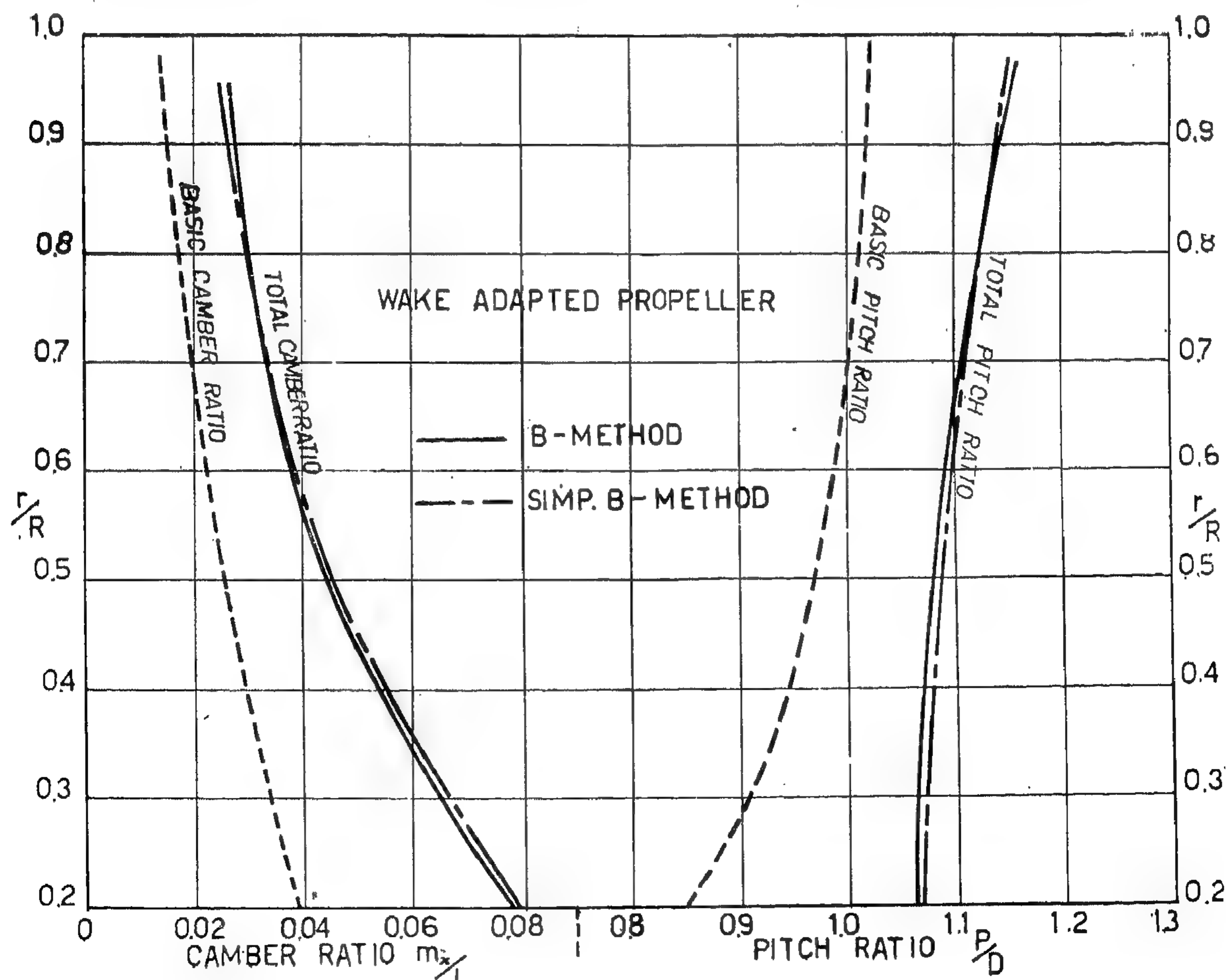


FIG. (12)

The lift line values of both the axial and the tangential induced velocity distributions u_a and u_t along the radius of the ABC ship propeller are given on (fig. 10).

Datum for Comparison

As regards the basic camber, its ratio $\frac{m_x}{l}$ as lifted from the incipient cavitation charts for the meanline and blade profile under consideration is taken in the following calculations as datum of reference for camber.

Meanwhile, for the basic pitch, any one of the formulations given in Part 1 of this paper could be used as base. However, in our treatment we are going to adopt Lerbs formulation namely for the wake adapted propellers:

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\zeta_i} \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right)^{1/2} \tan \beta$$

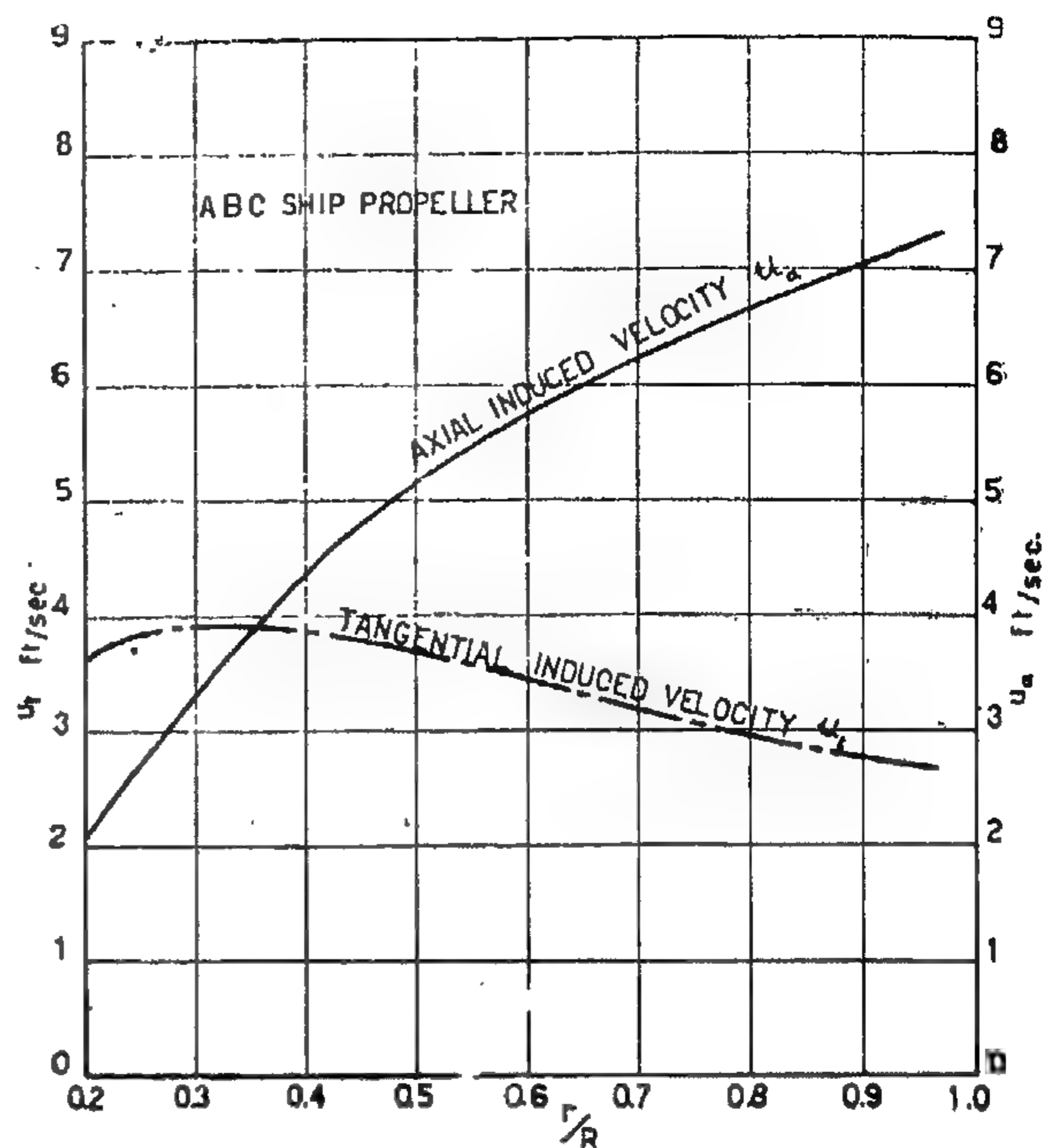


FIG. (10)

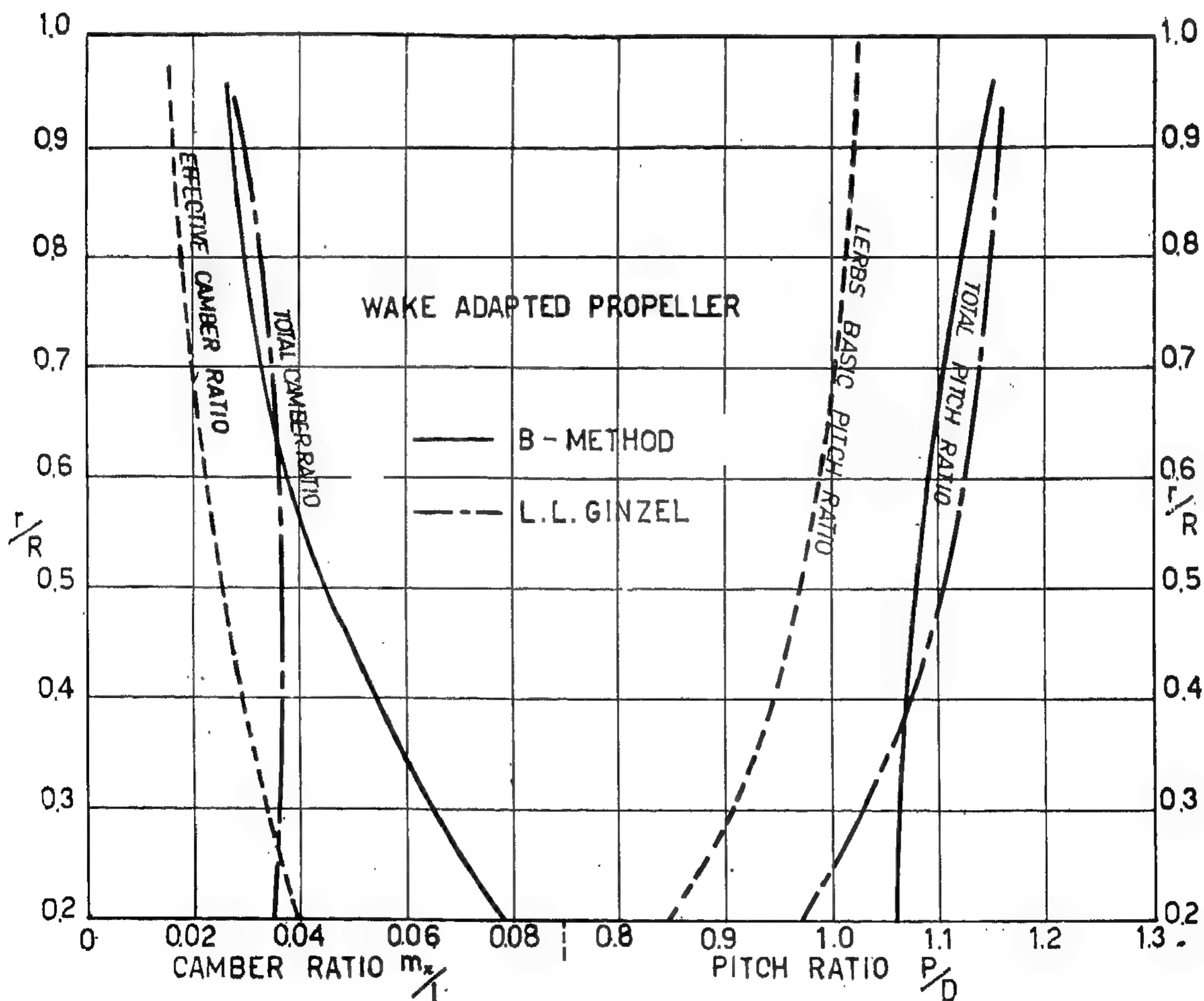


FIG. (11)

PART III

APPLICATION AND COMPARISON

In the following treatmeent we are going to apply the lifting surface conception as per Lerbs-Ludwig-Ginzel method, the B-method, the simplified B-Method as well as by Bur-rillês method to three different marine propellers.

The first chosen propeller is the four bladed wake-adapted propeller given in reference [1] and whose particulars are

$$S \text{ HP} = 17,500 @ 102 \text{ R.P.M.},$$

$$\text{EHP} = 13,000$$

$$\text{maxi S HP} = 21,000 @ 109 \text{ R.P.M.},$$

$$T = 237,300 \text{ pounds}$$

$$\text{propeller dia. } D = 21 \text{ ft}$$

$$V = 21 \text{ knots}$$

$$w_o = 0.20$$

$$t_o = 0.15$$

Both the axial as well as the tangential induced velocity distribution along the radius u_a , u_t respectively are shown on (fig. 8), as calculated by the lift line theory.

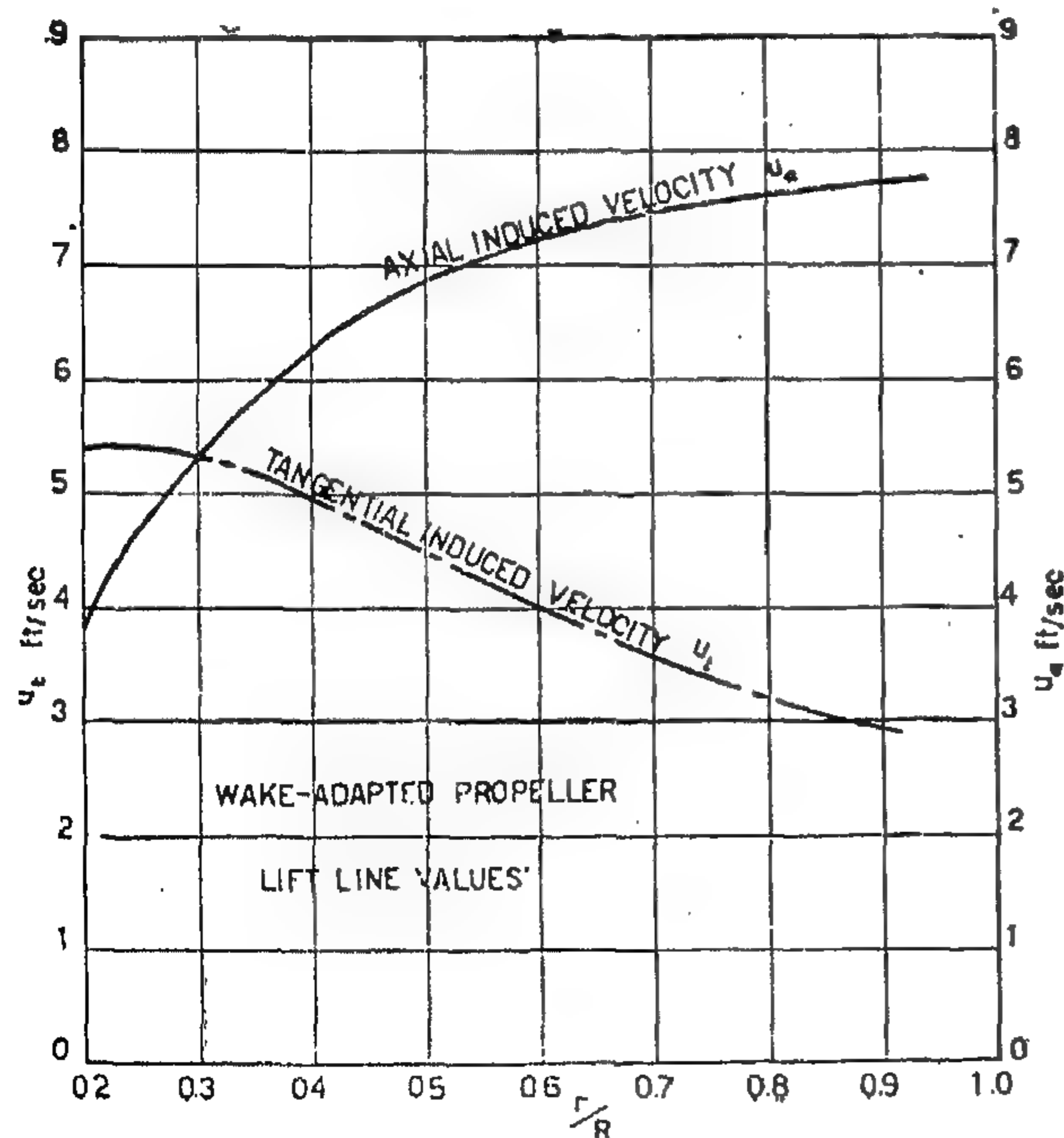


FIG. (8)

The second propeller is the five bladed, free-running propeller for a twin-screw ship treated also in ref. [1] and whose data are

$$\text{SHP} = 32,600/\text{shaft} @ 300 \text{ R.P.M.}$$

$$V = 35 \text{ knots.}$$

$$T = 200,000 \text{ pounds/shaft.}$$

$$\text{propeller dia. } D = 12.5 \text{ ft.} \quad t = 0.05$$

On (fig. 9) both the axial as well as the tangential induced velocities u_a , u_t for that propeller are given along its radius.

The third propeller selected in this treatment is the single screw four bladed A.B.C.

transom-stern ship propeller given in reference [9] whose particulars are as follows :

$$\text{EHP} = 10,078 \quad 97.2 \text{ R.P.M.}$$

$$V = 20.5 \text{ knots} \quad T = 172,148 \text{ pounds.}$$

$$w_o = 0.195 \quad t_o = 0.07$$

$$\text{propeller dia} = 20 \text{ ft.}$$

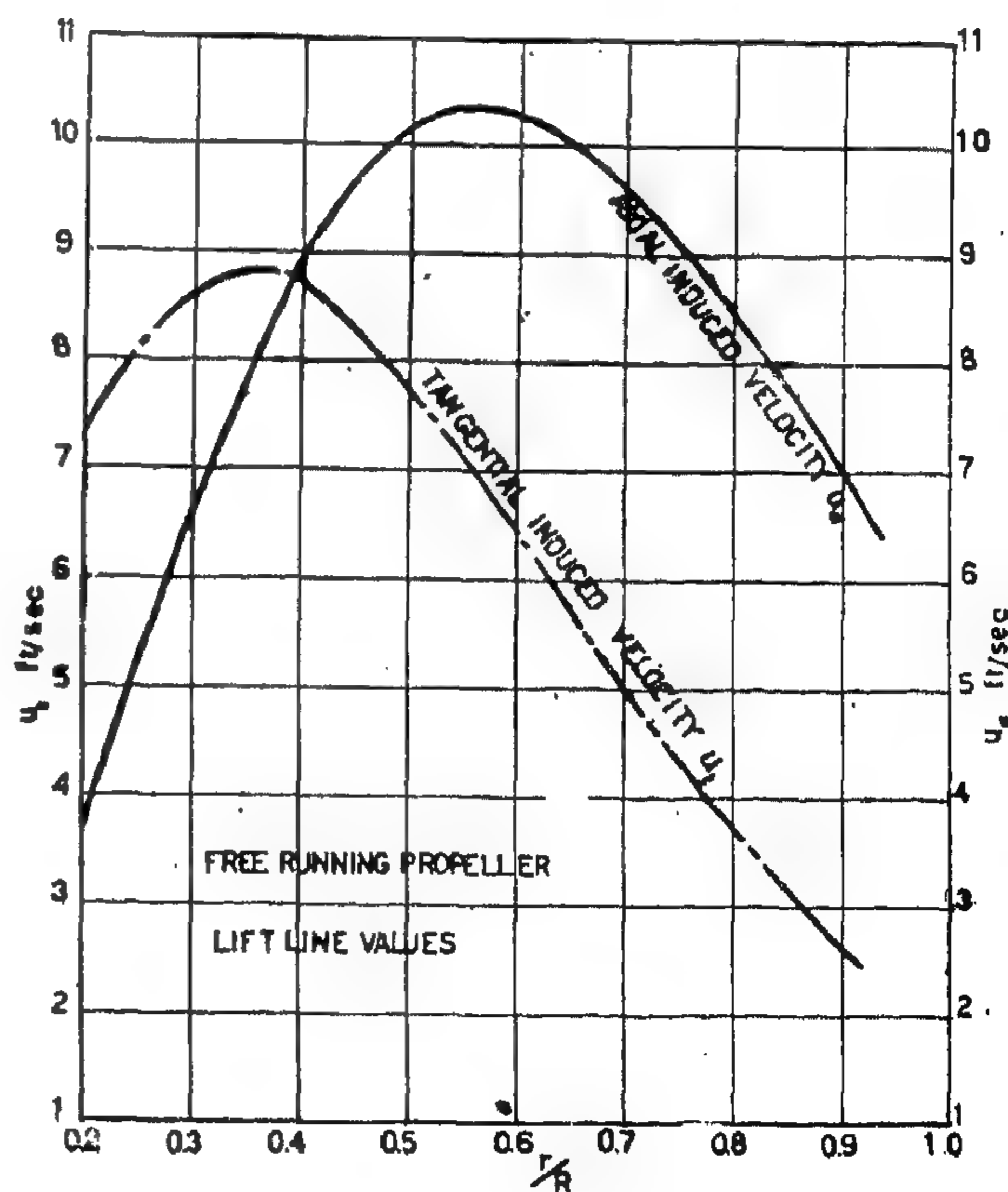


FIG. (9)

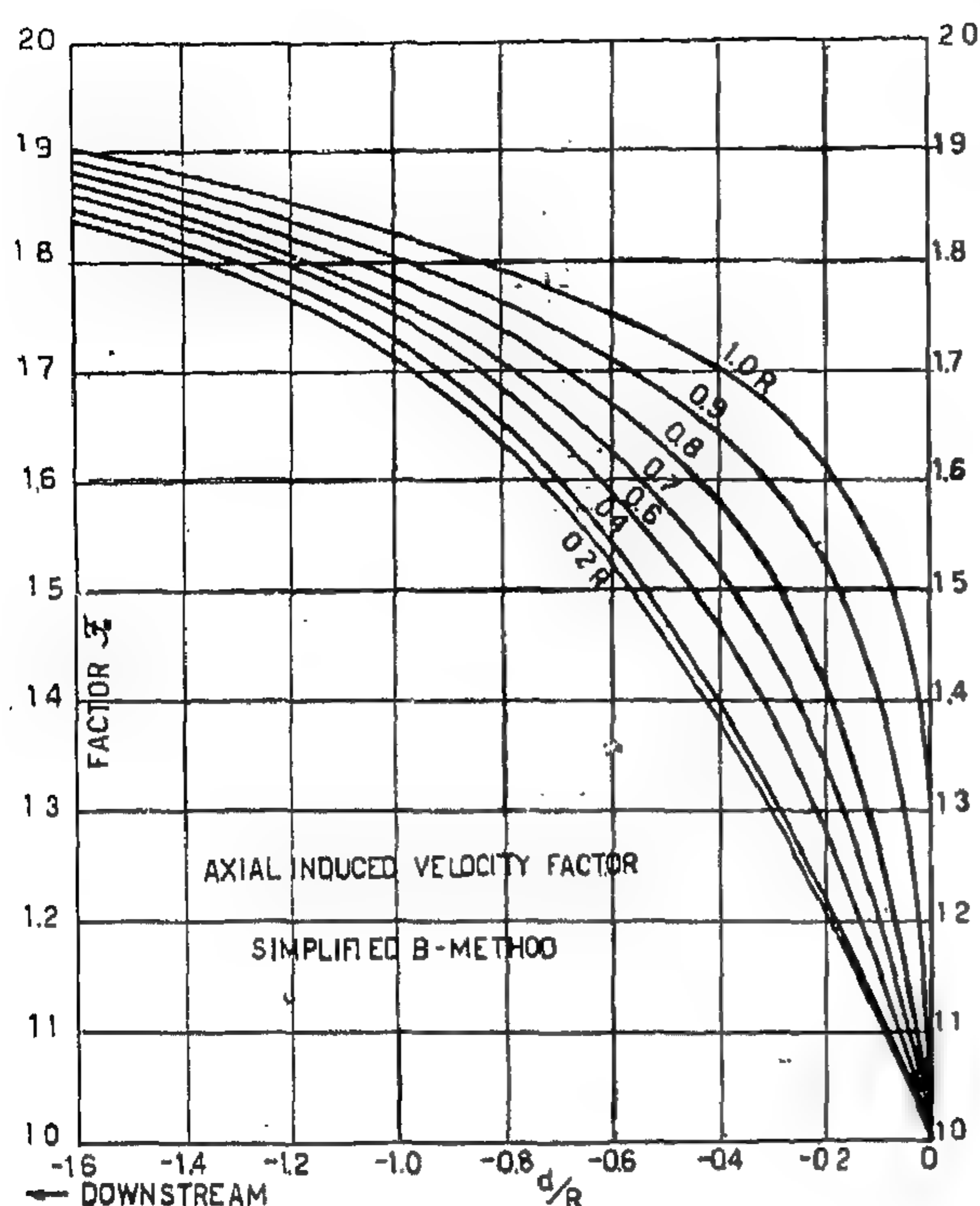


FIG. (6)

It should be noted, however, that on (fig. 6) and (fig. 7) are given both the axial F_a as well as the tangential F_t induced velocity factor distributions along the propeller axis, for the uniformly loaded case, to be used in conjunction with (fig. 5) for the determination of the normal induced velocity at mid chord u_n^* given by the following relationship namely :

$$u_n^* = F_a u_a \cos \beta + F_t u_t \sin \beta$$

Finally, by algebraically adding up the curvature camber ordinates along the blade chord length to the curvature correction ordinates, the curvature of flow ordinates could be traced along that section.

(iv) Burrill's Method

Prof. Burrill's long experience in designing marine propellers have usually resulted in

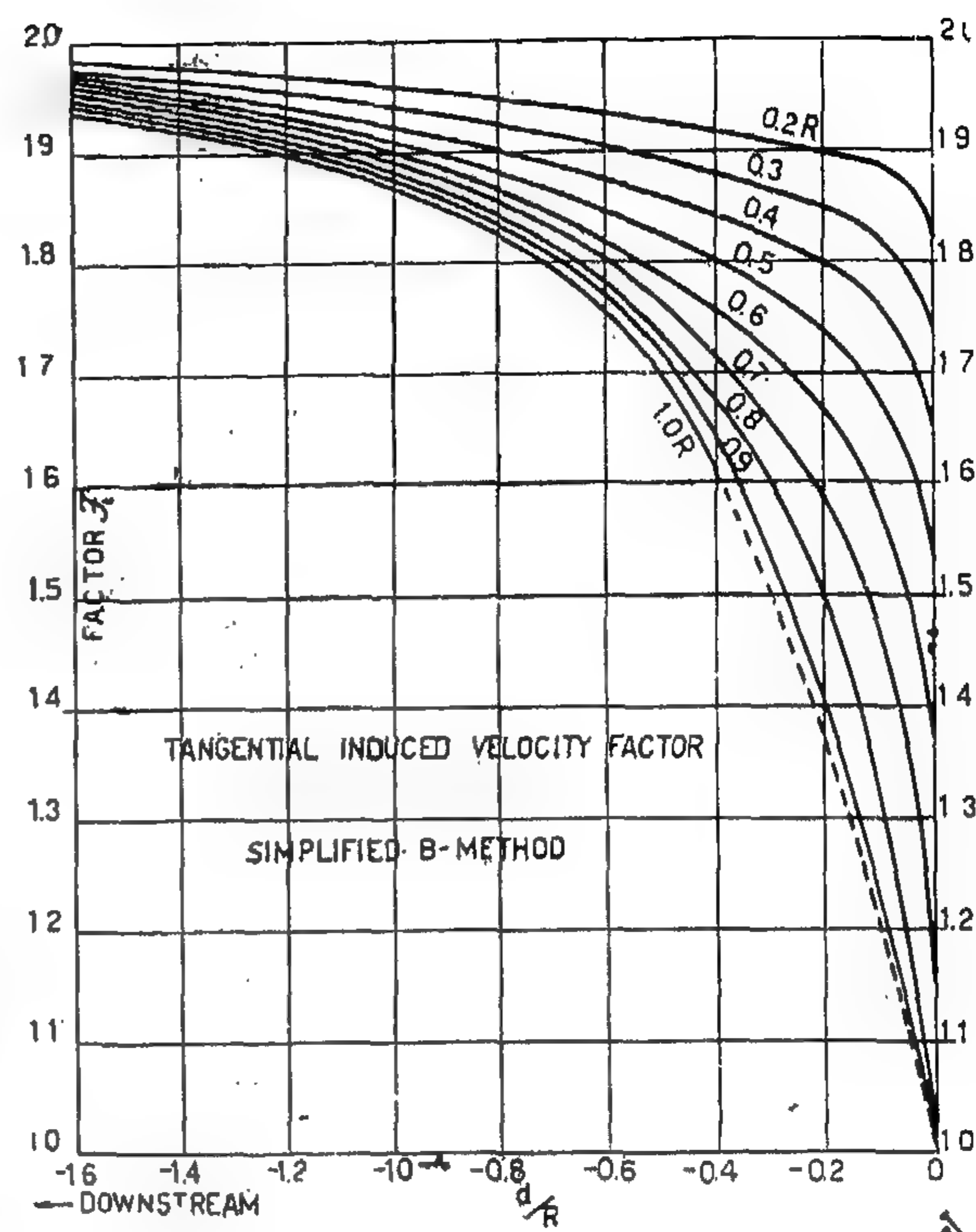


FIG. (7)

good practical propellers. It was thought that a comparison with his latest design method [7] would be of particular interest. Although Burrill's method was essentially not intended for the calculation of the curvature of flow, however, the final values of both the pitch and camber ratios as arrived by the application of his method are used here to compare with their respective values as arrived at by other design methods.

Burrill's method uses the optimum value of the camber ratio y/c for the final camber ratio; while introducing various correction factors in calculating the final pitch namely the slope correction K_s , the cascade correction K_{cs} and the no-lift angle correction K_α . Burrill's final pitch ratio, however, is given by the term $x \pi \tan \theta_1$.

Finally by combining both Ludwig-Ginzel camber correction and Lerbs pitch correction α_2 one could arrive at the curvature of flow at each section [12] resulting from the lifting surface conception.

(ii) The B — Method

In reference [12], the author has advanced a method for the calculation of the curvature of flow of marine propellers denoted the B-Method. This method was based on the construction "a priori" of both the axial as well as the tangential induced velocity diagrams for the propeller under consideration [17]. The construction of the induced velocity curve along the blade chord of each blade section was then affected graphically [18].

The simple integration of the induced velocity curve leads to the curvature correction; while the further integration of the resulting curve would lead to the curvature camber. By algebraically adding up both the curvature camber to the curvature correction ordinates; the curvature of flow ordinates along the chord length are arrived at.

It should be noted, however, that when separating both the camber and pitch distributions that the curvature camber at mid-chord, as arrived at by the B-Method, has to be slightly modified due to the fact that the resulting curvature correction is not approximated by a straight line. The curvature correction, in this case, can be considered to be composed of both an angle of attack as well as a slight camber. The former's ordinate at midchord is therefore added to the curvature camber at that point as demonstrated by the calculations performed on (table 2-B). In such manner both the camber ratios as well as the pitch ratios could be separately compared with their respective results as arrived at from other design methods.

(iii) The simplified B — Method

In the course of further treatment of the same problem, the author has advanced a

simple method [12], to be used for practical application to propeller design, whereby the curvature of flow could be readily calculated with less effort while rendering a fair degree of accuracy. That method was denoted the simplified B-Method.

The result of the author's investigations have lead to the curve given on (fig. 5), represented by a straight line relationship in which :

$$\text{the curvature camber ratio } \frac{m_{x1}}{l} \approx \frac{1}{8} \frac{u_n^*}{V^*}$$

and the curvature correction ordinate

$$\frac{1}{2} \tan \alpha_2 = \frac{1}{2} \frac{u_n^*}{V^*}$$

Now with the knowledge of the normal induced velocity at mid chord u_n^* and the inflow velocity V^* and the blade chord length l , both the curvature camber at mid point m_{x1} as well as the curvature correction approximated by a straight line forming an additional angle of attack α_2 and given by the term $(1/2 \tan \alpha_2)$, could be easily determined by means of (fig. 5).

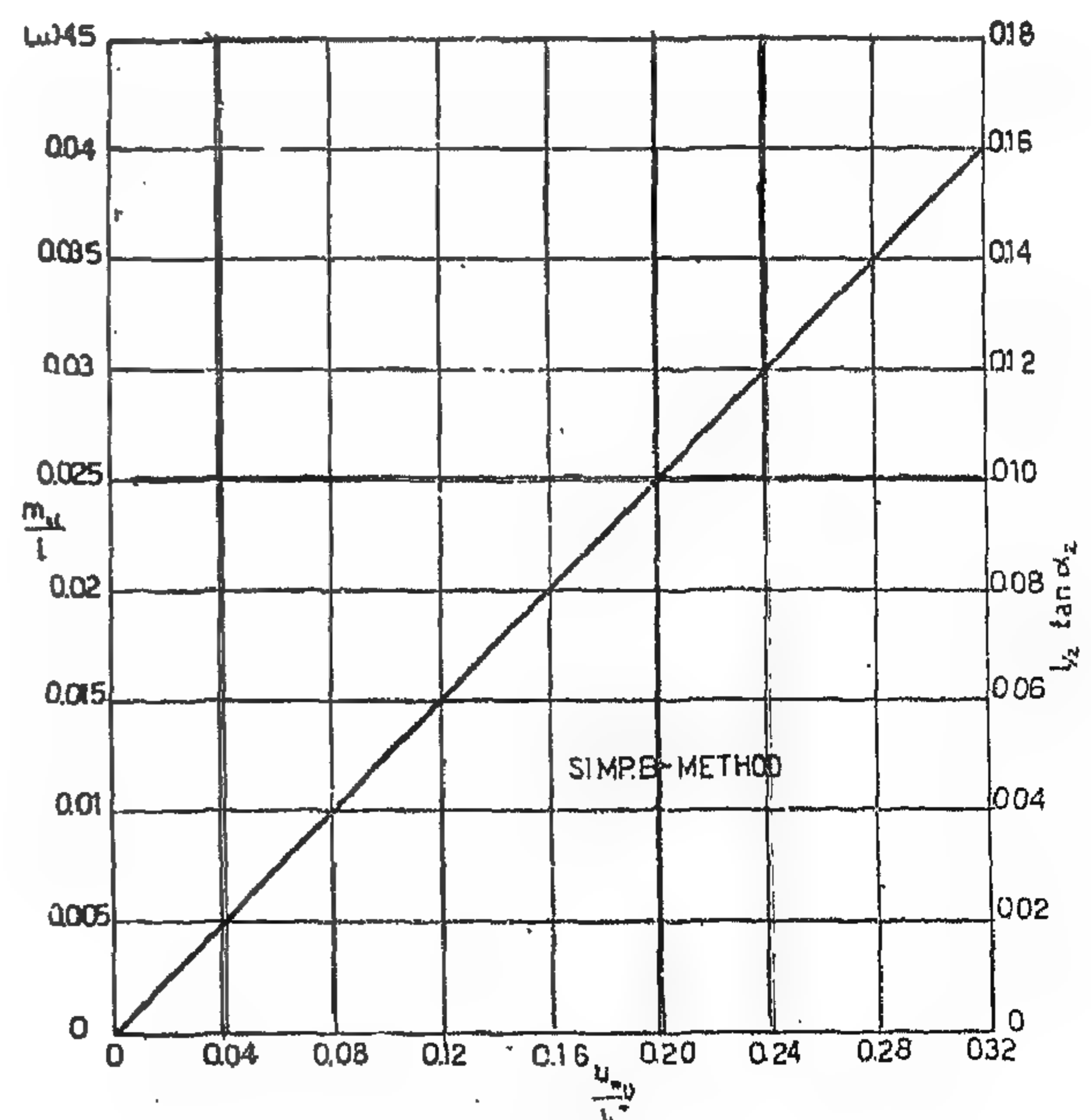


FIG. (5)

of the lifting surface. The first intervenes as an additional angle of attack α_1 , incorporating both the friction correction as well as the ideal angle of attack of the meanline [1]. For NACA $a = 0.8$ meanline; $\alpha_1 = 1.15 C_L$ degree. While for a circular arc meanline, $\alpha_1 = 2.86 C_L$ degree.

The effect of the intervention of viscosity on the propeller action, however, is an increase in torque coupled with a decrease in thrust. This effect is usually corrected in the final steps of the design by increasing the pitch by the amount corresponding to the angle of attack α_1 , at each section.

In the course of further calculations, both the basic pitch as well as the basic camber have to be corrected for the influence of the lifting surface. The correction being represented by an angle of attack as well as a camber line, both combined to form the curvature of flow of the section profile. Various investigators have attempted to develop a lifting surface theory through which the curvature of the flow could be determined. The work done in this respect by Lerbs, Ludwig-Ginzler, Guilloton, Hill, Sparenberg and others is to be noted.

In what follows, we are going to treat separately then compare the results obtained by applying Lerbs-Ludwig-Ginzler work as well as Burrill's and the B-Method introduced by the author [12] for the calculation of the curvature of flow. Three different propellers have been selected and the resulting pitch as well as the camber distributions have been separately calculated for each case.

(i) Lerbs — Ludwig — Ginzler Method

Ludwig and Ginzler in reference [13], [14] have proposed a camber correction based on theoretical considerations to be applied to the

basic camber ratio $\frac{m_x}{1}$, as read from the incipient cavitation charts for two-dimensional flow. In its modified form it comprises two

correction factors k_1 , and k_2 [1], and is applied to the effective camber ratio as follows:

$$\frac{m_x}{1} (\text{corrected}) = k_1 \times k_2 \times \frac{m_x}{1}$$

It should be noted, however, that in their solution Ludwig and Ginzler have examined the curvature of flow only at the halfway point of the blade section.

Meanwhile, experiments on propellers designed as such have shown that they were underpitched. Lerbs [16] solved this problem by considering the lifting surface effect arising from both the free and bound vortices by using Weissinger's approach [15] in reverse and was able to approximate the pitch discrepancy by means of an additional angle of attack α_2

namely:

$$\alpha_2 = \alpha_b + \alpha_f \rightarrow (\alpha_1 + \alpha_0)$$

where

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{correction due to bound vortices} \\ &= \frac{\sin \beta_1}{2} \sum \left[\frac{1}{D} \sin \mu - 0.7 \cos \beta_1 \cos \mu \right] \\ &\quad \frac{1}{S} \frac{Gdx}{xh (P/R)^3} \end{aligned}$$

α_f = correction for the effect of the free vortices

$$= \alpha_1 \left[\frac{2}{1 + \cos^2 \beta_1 (2/h - 1)} \right]$$

α_0 = meanline no-lift angle

= 0.13 C_L radian for circular arc meanline

= 0.139 C_L radian for $a = 0.8$ meanline

$\alpha_1 = (\beta_1 - \beta)$ radians

It should be noted, however, that Lerbs pitch correction is made for the 0.7 radius section and then the same percentage is applied to other radii.

The final pitch can thus be computed as follows:

$$\begin{aligned} P/D &= \pi \times \tan (\beta_1 + \alpha_1) \\ &\quad \left[\frac{\tan (\beta_1 + \alpha_2)_{0.7}}{(\tan \beta_1)_{0.7}} \right] \end{aligned}$$

Meanwhile, the choice of the lift coefficient, for a certain propeller blade section is usually performed under certain conditions. These conditions might be either to fulfil a minimum drag-lift ratio at that section or to create the state of fully developed cavitation or to arrive at the more practical condition of cavitation free flow. To satisfy this latter condition, either we must have measurements of the lift coefficient at the onset of cavitation as demonstrated by Walchner's work [10] for example; or the determination "a priori" of the minimum pressure at the profile from the potential theory calculations [11].

The optimum conditions with respect to the minimum pressure however, exist at the shock free entry i.e. zero angle of incidence hence the lift is created by camber only.

This flow condition, of creating lift by camber only, yields the greatest lift coefficient and hence the smallest possible chord length with respect to the onset of cavitation.

For the determination of the effective camber ratio $\frac{m_x}{1}$, in two dimensional flow, two methods can be used. The first is to calculate the camber ratio for an arbitrary selected mean line for the required lift coefficient C_L . For instance for the $a = 0.8$ mean line; a camber ratio $\frac{m_x}{1}$ of 0.0679 renders unity lift coefficient with proportionate values at corresponding lift coefficients.

In the second method both the camber ratio $\frac{m_x}{1}$ as well as the thickness ratio $\frac{t_x}{1}$ could

be read from the incipient cavitation diagrams [I], [II], corresponding to the selected type of section and meanline.

On such diagrams, however, the incipient cavitation number, at which the first cavitation begins, is derived theoretically by assuming that cavitation starts at the point of minimum pressure on the blade section. On reference [11], incipient cavitation diagrams have been prepared for a number of NACA sections, namely, NACA 16, 65A and 66 TMB modified section with $a = 1.0$ and $a = 0.8$ mean lines operating at the shock free entrance condition.

In what follows, both the wake-adapted propeller given in reference [1] as well as the A.B.C. transom-stern ship propeller [9] have been treated separately and a modified NACA 66 section and NACA 16 section has been selected together with $a = 0.8$ mean line. The corresponding incipient cavitation diagram [I], [11] has been used to determine the value of the effective camber ratio, in two-dimensional flow, $\frac{m_x}{1}$ at its corresponding section thickness ratio $\frac{t_x}{1}$ as given by the strength calculations for each case.

The effective camber ratio distribution along the radius of each propeller blade, however, has been used as a base of comparison between the camber ratio as arrived at from the different design methods, based on the lifting surface conception, as given in the following sections.

PART II

THE LIFTING SURFACE CONCEPTION

So far we have treated both the pitch and camber distributions along the radius when considering the propeller blade as a lift line. Due to the fact that marine propeller blades are broad it follows that they have to be replaced by a lifting surface rather than a lift line. This amounts to introducing vortex

sheets instead of vortex lines in the calculation of the curvature of flow in the way of the propeller blades.

Meanwhile, the basic pitch at each radius, as calculated previously, has to be corrected for the influence of viscosity besides the effect

using the previously mentioned formulations are given on (table 1) and shown on (fig. 3) and (fig. 4) respectively. On the same figures, are drawn the radial distribution of both the thrust deduction as well as the wake fraction for each propeller. For both propellers, however, it is observed that both van Lammeren and van Manen's basic pitch distributions show extreme values; while Lerbs and Burrill-Troost distributions demonstrate closer trend. Moreover, the proposed formulation seems to be in closer agreement with such a trend.

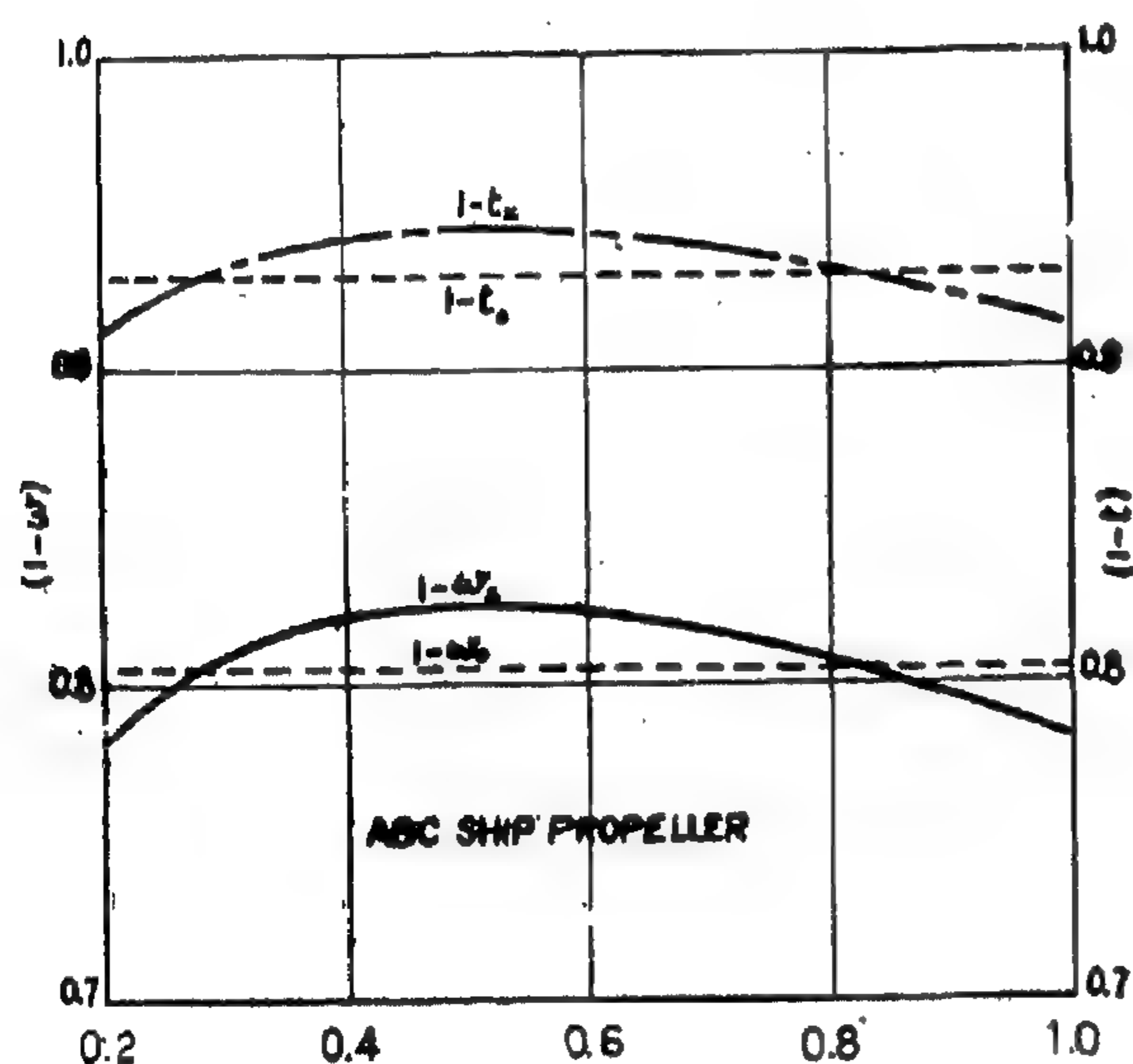
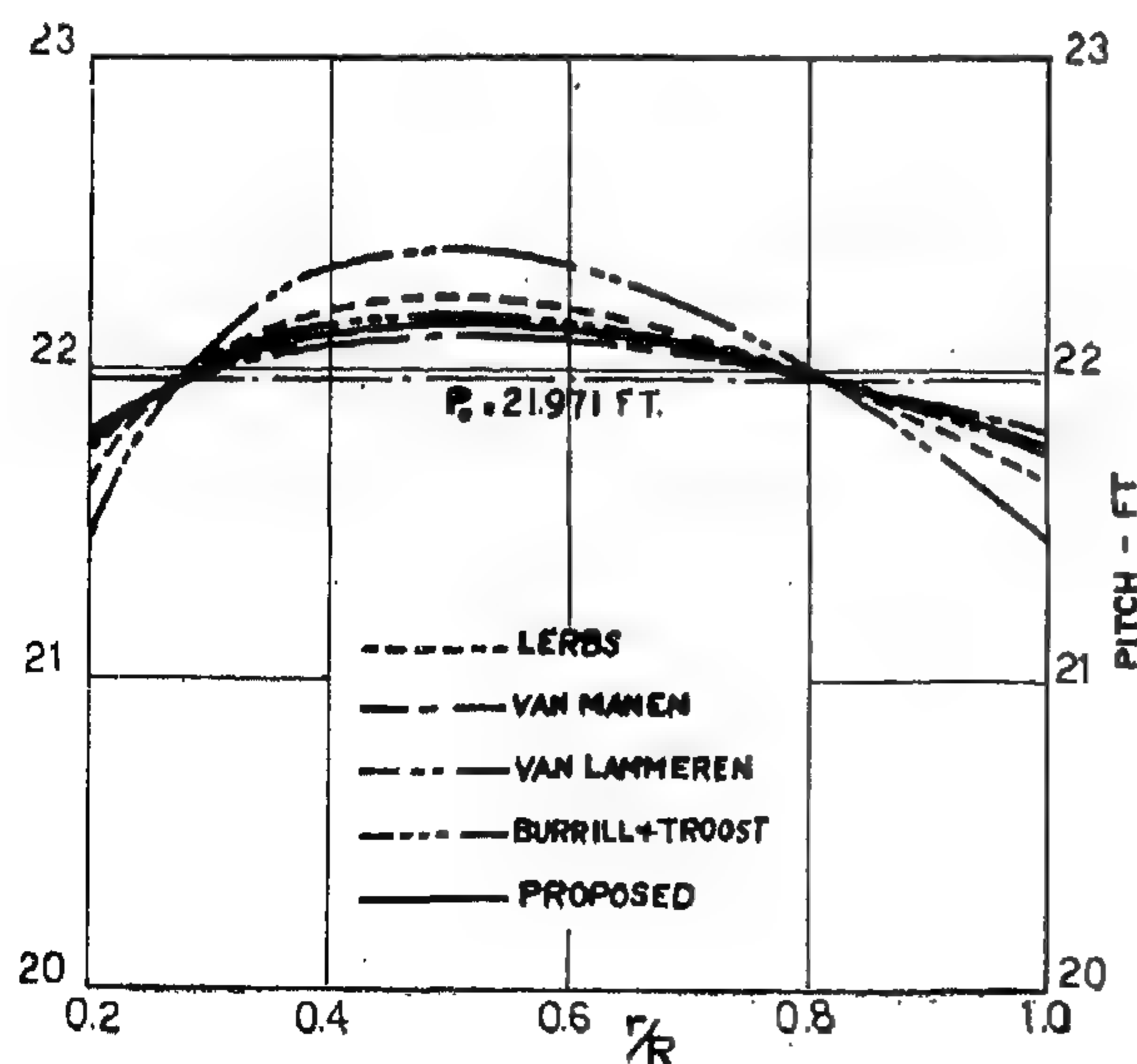


FIG. (3 a)



(FIG. (3 b))

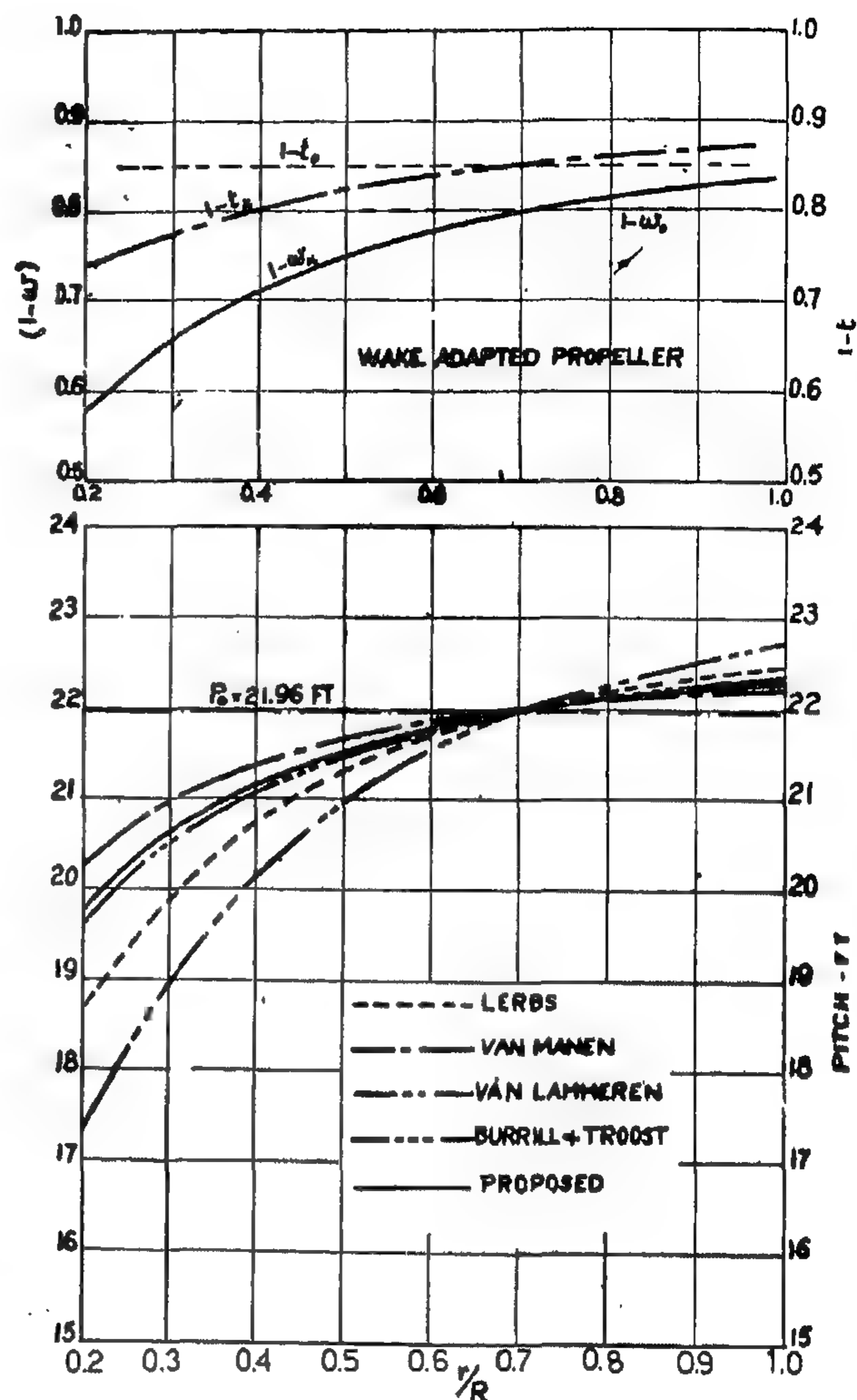


FIG. (4)

In the following treatment, however, Lerbs basic pitch distribution was adopted as a base for comparison of the different propellers under discussion.

(ii) The Basic Camber Distribution

In the course of further calculations, based on the circulation theory of marine propellers, the lift coefficient has to be determined in order to arrive at the required basic camber distribution as well as the blade thickness distribution along the radius.

The basic camber distribution treated here is the effective camber in two dimensional flow following the lifting line conception.

Inserting this condition in equation (7) we get

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{3/4} \left(\frac{1-t_x}{1-t} \right)^{1/2} \tan \beta$$

applying van Manen's standard thrust deduction distribution namely

$$\frac{1-t_x}{1-t} \simeq \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)^{1/4}$$

we get

$$\begin{aligned} \tan \beta_i &= \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{3/4} \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)^{1/8} \tan \beta \\ &= \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{5/8} \tan \beta \end{aligned}$$

From which we could get

$$P/P_o = \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)^{3/8} \simeq \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)^{1/3} \quad (8)$$

$$\text{and} \quad \tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{2/3} \tan \beta \quad (9)$$

Other Formulations

Van Lammeren [5] on the other hand assumes a particular condition for the minimum energy loss in the case of a wake adapted propeller, namely by keeping the axial displacement velocity u'_a at the screw disc constant and equal to the axial displacement velocity of the optimum open water propeller. On such assumption van Lammeren was able to deduce the following relationship :

$$\begin{aligned} \tan \beta_i &= \left[\frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right) + \right. \\ &\quad \left. \left\{ 1 - \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right) \right\} \right] \tan \beta \quad (10) \end{aligned}$$

Troost [6] suggested that the condition of minimum energy loss for the case of constant pitch of the helicoidal vortices in the flow far behind the hull-propeller system is identical to that of the optimum equivalent open water propeller far behind the screw disc. Troost was able to arrive at the following expression :

$$\begin{aligned} \tan \beta_i &= \left[\frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right) + \right. \\ &\quad \left. \frac{1}{2} \left\{ 1 - \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right) \right\} \right] \tan \beta \quad (11) \end{aligned}$$

It is to be noted that the same condition for minimum energy loss has also been adopted by Prof. L. C. Burrill although in a somewhat different form namely :

$$x \pi \tan \varepsilon = \text{Const.}$$

when retaining Burrill's notations.

Troost [6] has also advanced an expression for the thrust deduction distribution for the case of the B 4.55 propeller namely

$$\frac{1-t_x}{1-t} = \frac{(1.135 J_x) - J}{(1.135 + J_x) - J \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)} \quad (12)$$

$$\text{where} \quad J_x = \frac{J}{1-w}$$

When comparing the basic pitch distribution P of the optimum wake adapted propeller with the radially constant pitch P_o of the equivalent open water propeller the following formulae can be deduced :

From Lerbs equation (5)

$$P/P_o = \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)^{1/2} \quad (13)$$

From Van Manen equation (7)

$$P/P_o = \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)^{1/4} \quad (14)$$

from the proposed formula equation (8)

$$P/P_o = \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)^{1/3} \quad (15)$$

From Van Lammeren's equation (10)

$$P/P_o = 1 + \xi_i \left\{ \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right) - 1 \right\} \quad (16)$$

From Troost and Burrill

$$P/P_o = 1 + \frac{1}{2} \xi_i \left\{ \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right) - 1 \right\} \quad (17)$$

Calculations carried out on both the A B C transom-stern ship propeller [9] and the wake adapted propeller treated in reference [1],

Instead of applying Munk's displacement theorem van Manen [4] added an increment of circulation $\Delta \Gamma$ at the screw disc, and by neglecting the possible influence of such increment on the circulation of other sections, arrived at the following formulation :

$$\tan \beta_1 = \frac{1}{\xi_1} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right) \left(\frac{1-t_x}{1-t} \right) \tan \beta \quad (4)$$

It is clearly demonstrated from both equations (1 and 2) the importance of the thrust deduction distribution over the radius. Nevertheless, Lerbs has assumed that the radial variation in the thrust deduction factor t was small with regard to that of the wake coefficient w ; hence he neglected the variation

$$\left(\frac{1-t_x}{1-t} \right)^{1/2}$$

hence Lerbs equation (1) can be written

$$\tan \beta_1 = \frac{1}{\xi_1} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{1/2} \tan \beta \quad (5)$$

Meanwhile, van Manen [8] goes to great length to establish that the distribution

$\left(\frac{1-t_x}{1-t} \right)$ is a function of the wake distribu-

tion $\left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)$

After a rather complicated analysis of data, with a few commercial ship forms at one degree of propeller loading, arrives at the following approximation namely

$$\left(\frac{1-t_x}{1-t} \right) \simeq \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)^{1/4} \quad (6)$$

Which expression can be adapted for general design work. However, such approximation as has been pointed out by Troost [6] would result in propellers of identical pitch distribution for a given wake pattern for any pitch ratio and number of revolution, since such approximation is independent of propeller loading.

Van Manen's equation (4) thus becomes

$$\tan \beta_1 = \frac{1}{\xi_1} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{3/4} \tan \beta \quad (7)$$

Proposed formulation

It is suggested here that a more appropriate solution to this problem would be to adopt Munk's displacement theorem as per Lerbs assumptions resulting in equation (3) namely.

$$\tan \beta_1 = \frac{1}{\xi_1} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{1/2} \left(\frac{1-t_x}{1-t} \right)^{1/2} \tan \beta$$

However, since Lerbs simple approximation of the minimum energy condition is

$$\frac{\tan \beta_1}{\tan \beta} = \frac{1}{\xi_1} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{1/2}$$

and in the same way, when neglecting the radial variation of the thrust deduction van Manon's equation reduced to

$$\frac{\tan \beta_1}{\tan \beta} = \frac{1}{\xi_1} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)$$

Moreover, van Manen assumed the addition of a small circulation element $\Delta \Gamma$ at a certain radius in the velocity field at the location of the screw and neglected the change of induced velocities caused by this element, which amounts to the application of Munk's displacement theorem with the neglect of the squares of the induced velocities. However, in Lerbs derivation a change of the induced velocities is introduced as caused by the elements $\Delta \Gamma$ [4].

It could be concluded that any preference for one of the two previous derivations must depend on the approximations one is prepared to accept. It is thus in order if we adopt an expression which lies between the two previous derivations and with the neglect of the radial variation of the thrust deduction we get the derivation

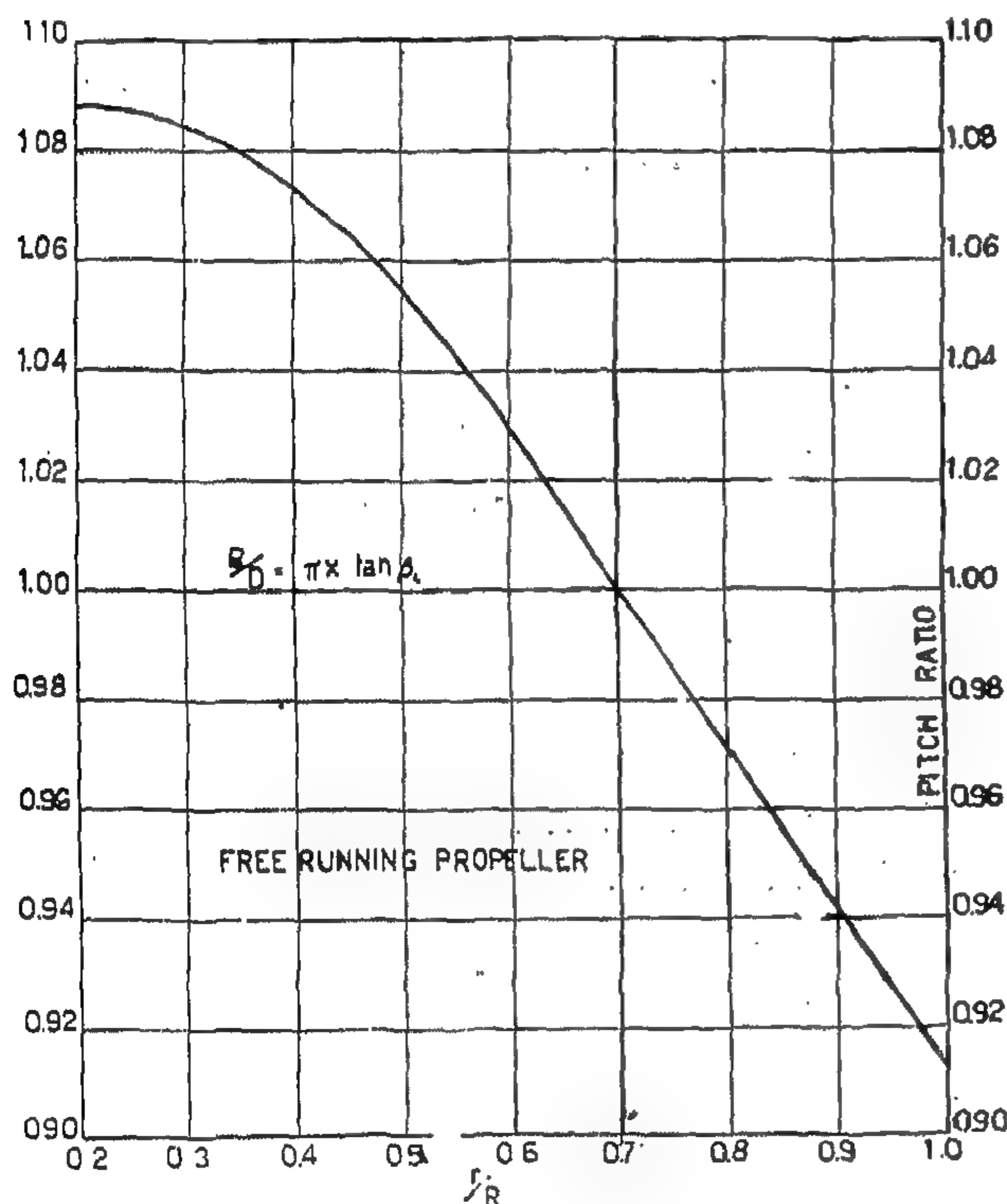
$$\frac{\tan \beta_1}{\tan \beta} = \frac{1}{\xi_1} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{3/4}$$

diminished. The pressure leakage around the blade tip resulting in the loss of the lifting effort is thus reduced [1].

The same result could be achieved by reducing the camber at the same sections.

By similar reasoning a reduction of pitch at the hub will tend to decrease root and hub vortices.

Reference [1], sites a suitable pitch distribution, for the free running case, with a reduced tip pitch distribution in order to delay tip vortices. This distribution (fig. 2) has



(FIG. 2)

been devised from a series of model tests, and consists of a parabola with its vertex at the hub joined at the 0.6 radius section by a sloping line with reduced pitch towards the tip. The pitch at the 0.7 radius being that

given by equation (I), namely $\frac{P_0}{D} = \pi x \tan \beta_0$

(B) The second method of approach is to calculate the pitch distribution for a selected optimum circulation over the blade radius.

This being the best approach in the case of wake—adapted propellers associated with single screw ships. Several formulations have been advanced to give the relation between both hydrodynamic pitch angles β and β_i for such case. Such formulations are known from the work of Lerbs [3], Van Manen [4], Von Lammern [5], Troost [6] and Burrill [7]

Formulations for the Basic Pitch Distribution

In his calculations, Lerbs [3] assumed a cylindrical section dr of a propeller blade at radius r and delivering a thrust element dT to overcome a hull resistance element dR . Lerbs applied both Helmholtz principle as well as Betz's theorem for optimum flow, namely adding an element of circulation $\Delta \Gamma$ at the same radius r and assuming that no increase in efficiency will result in the hull propeller system by changing the radial distribution of circulation.

Furthermore, Lerbs applied Munk's displacement theorem, namely adding a circulation element $\Delta \Gamma$ far behind the screw disc which is equivalent to neglecting the quadratic terms of the induced velocities.

Finally, Lerbs arrived at the following basic relationships:

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{1/2} \left(\frac{1-t_x}{1-t} \right)^{1/2} \tan \beta \quad (3)$$

Where:

t = mean thrust deduction coefficient over at the screw disc

t_x = mean thrust deduction coefficient at a cylindrical section x of the screw.

w = mean wake fraction over the screw disc.

w_x = mean wake fraction at a cylindrical section x of the screw.

ξ_i = ideal efficiency of the equipment open-water propeller.

machine; while its sections are given the correct camber.

In what follows, the basic pitch and camber distributions resulting from the lift line theory in perfect fluid; as well as the pitch and camber distributions arrived at by considering

the intervention of both the viscosity and the lifting surface conception are treated separately. By so doing, both the pitch and the resulting camber along the radius as rendered by the different design methods at the shock free entrance condition, could be easily separated and hence compared.

PART I

THE LIFTING LINE CONCEPTION

(1) The basic Hydrodynamic Pitch Distribution

In order to calculate the basic hydrodynamic pitch distribution over the radius of a marine propeller by means of the circulation theory using the lifting line conception i.e. two dimensional flow two methods of approach are generally encountered.

(A) The first method of approach is to assume the pitch distribution and then compute the resulting circulation. This being the optimum circulation does not always result in case of the free running propeller; where the optimum circulation does not always result in propellers having the best cavitation characteristics.

The uncorrected basic pitch distribution over the radius of an optimum propeller working in open water and designed for shock free entry condition, however, can be easily determined. All existing methods offer a relation between the hydrodynamic pitch angle β ; namely $\tan \beta = \frac{V_A}{wr}$ given by the propeller data; and the hydrodynamic pitch angle β_i , corrected for the induced velocities (fig. 1), namely

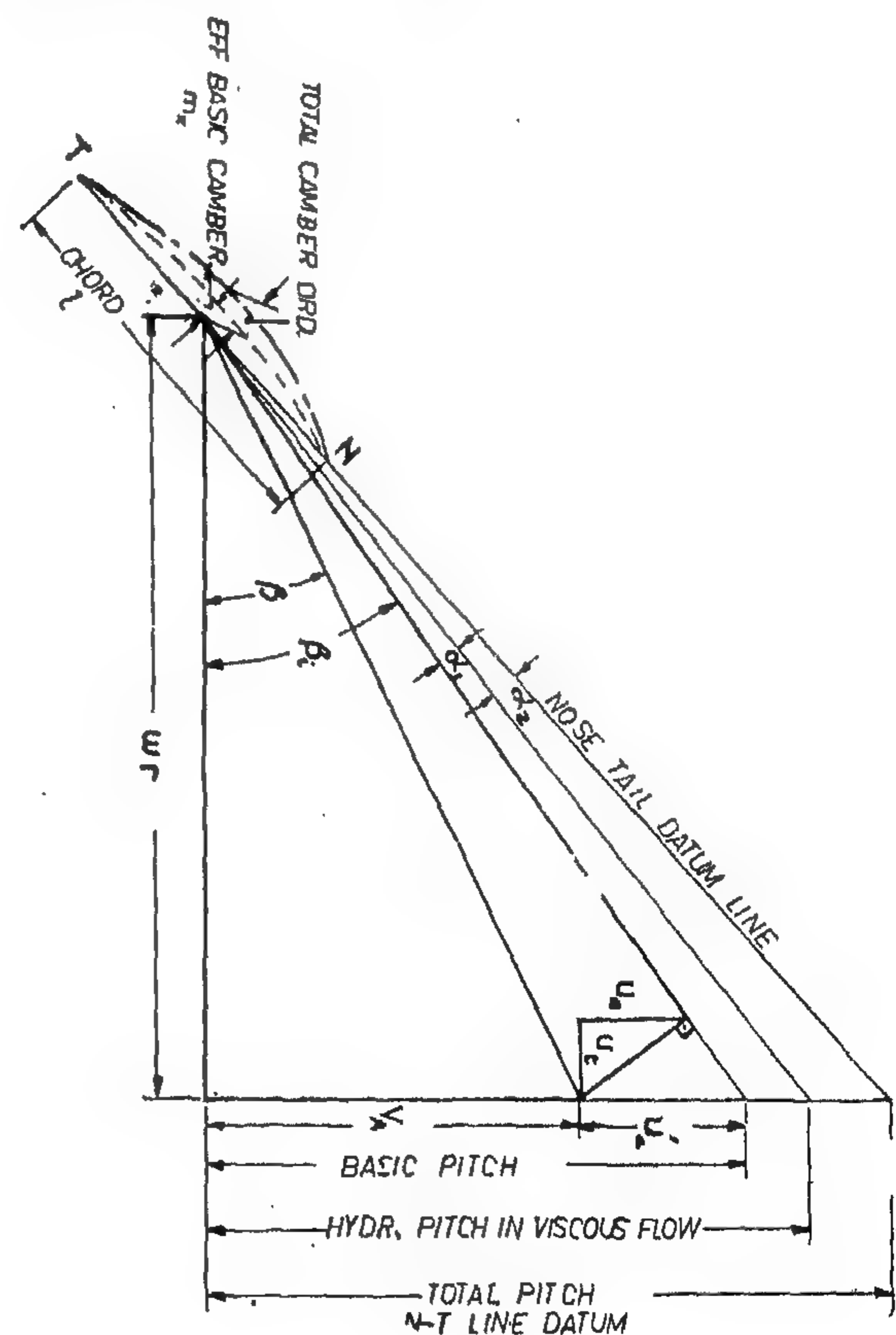
$$P/D = \pi \times \tan \beta_i \quad (1)$$

Such relation is given in the case of homogeneous flow, for the free running propeller by

$$\tan \beta_i = 1/\xi_i \tan \beta \quad (2)$$

This gives essentially the same pitch P_0 at all radii. Such basic pitch distribution, however,

remains characteristic for the marine propeller final design; since the absolute amount of pitch at any radius has further to be corrected for the lifting surface conception; namely the influence of the curvature of flow as well as the influence of viscosity.



(FIG. 1)

From cavitation considerations, however, it may be advantageous to modify such pitch distribution. By reducing the pitch near the propeller blade tip, in a way to avoid tip vortices; the tip circulation is deliberately

CAMBER AND PITCH DISTRIBUTIONS FOR MARINE PROPELLERS

By

Dr. F. BAHGAT, M.Sc., Ph.D., A.M.R.I.N.A.
*Ass. Prof. Marine Engineering and Naval Architecture Dept.
Alexandria University.*

SUMMARY

This paper deals with marine propellers in what concerns both their radial pitch and camber distributions. It has been divided into three main parts :

In Part I, the lift line conception has been presented and formulations for both the basic pitch distributions as well as the basic or effective camber distributions has been advanced. A simple formula has been suggested for the determination of the basic pitch distribution, for the case of the wake adapted propeller, and has been applied as well as to two different cases.

In Part II, the lifting surface conception, to take care of the effect of the wide blade marine propellers or in otherwards the curvature of the flow, has been presented. A brief account of the different calculation methods dealt with in this paper, namely the Lerbs-Ludwieg-Ginzel method, the B-Method, the simplified B-Method as well as Burrill's method has also been advanced.

In Part III, the application of the previous design methods to three different propellers has been dealt with, and the comparison between the result of these methods discussed at the shock free entrance condition. The nose-tail line, however, being taken as datum of comparison in these cases.

Finally, a comparison between the previous methods has been effected in what concerns the ratio of the induced camber to induced incidence.

Introduction

Propeller model tests indicate that, within certain limits, it is possible to vary the radial pitch distribution without materially affecting the propeller efficiency [1]. This has also been demonstrated by the application of Barrill's strip theory calculations [2]. From such calculations it was concluded that no special advantage was gained from the application of the various types of radial pitch variations and consequently the choice is left for the designer in order to avoid anticipated cavita-

tion or flow breakdowns. In certain cases, however, a sizeable gain in efficiency can be obtained when using a pitch distribution and propeller load [1].

Moreover, if the shock-free entrance condition is to be achieved a certain relation must exist between the pitch and the camber of the section. Such relationship is, however, difficult to achieve and still be certain of maintaining the shock-free entrance condition, if a propeller is to be designed with a pitch line which is easy to mould and

EDITING COMMITTEE

Prof. Dr. MAHMOUD TALAAT, *Chairman.*

Dr. AHMED A. EL-ERIAN *Editor in Chief*

Eng.	EZZ EL-DIN FARAG	}	<i>Editors.</i>
Dr.	FOUAD BAHGAT		
Eng.	HASSAN T. EL-AROUSY		

Eng. HAMED EL-KADDAH *Treasury.*

Dr.	AHMED GENEDI	}	<i>Supervising Committee.</i>
Eng.	KAMEL MAKSOOD		
Eng.	SALAH AMER		
Dr.	TAHER EL-HADIDI		

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretarial at the address of the Engineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T.60 per annum.

Subscription for others P.T.200 per annum.

HEAD OFFICE

Cairo : . Egyptian Society of Engineers,
28, Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

Sole agents for advertisements to be inserted in this periodical :

Moassasset Misr for Printing and Publication,
14, Zaki Str., Tawfikieh, Cairo.
Tel. 51601.

JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

VOL., III — No. 3 — JULY 1964

C O N T E N T S

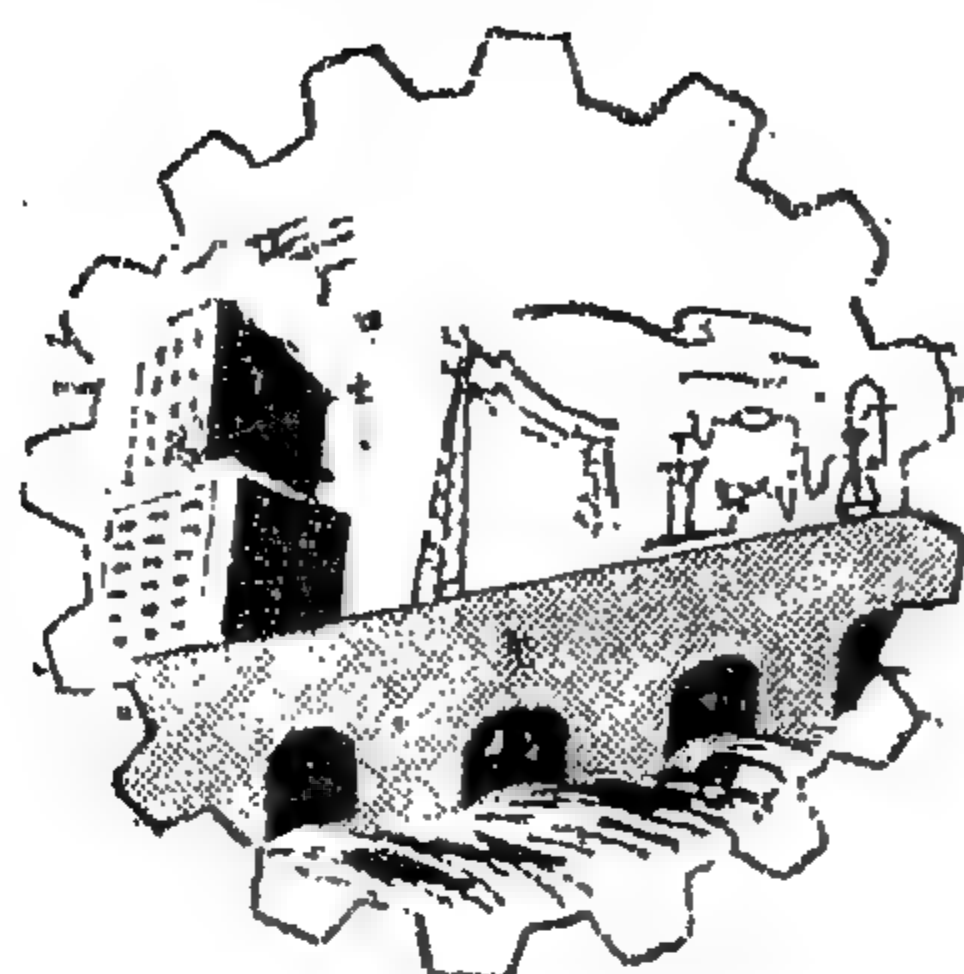
ENGLISH SECTION

	Page
"Camber and Pitch Distributions for Marine Propellers", by Dr. F. Bahgat	7
"A new approach to the analytical formulation of the Schrage Motor performance", by Dr. M. G. El-Maghraby	35
"Distribution functions of the traffic in automatic teleprinter exchange", by Dr. Farid M. Badran	53
"Electronic multiplication and division the easy way", by Dr. François F. Behman .	61
"Investigation of ground-water flow problems by means of sand models", by Dr. Mamdouh Shahin	66
"The velocity of detonation of explosives", by Dr. Zakaria Shalash	75
"Four bar function generators", by Dr. E. M. Badawy	79

ARABIC SECTION

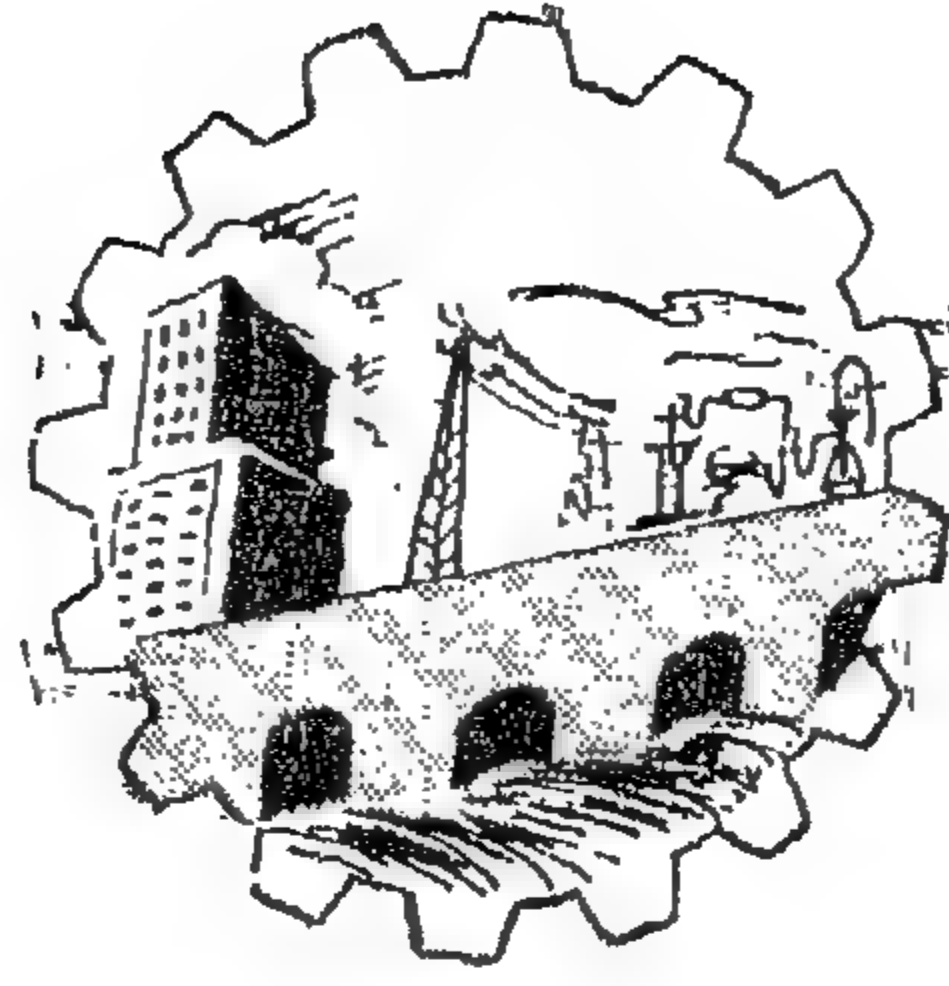
"Industrial Wastes", by Eng. Rizk El-Shinnawy	11
"Production of iron and other pipes without welding", by Dr. Botros Mina Botros	33

“Mondiale” Press—Cairo.



JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY
OF ENGINEERS
U. A. R.

JULY 1964
Vol. III
No. 3



مجلة

جمعية المهندسين
المصرية

مجلة

جمعية المهندسين

المصرية

مجلة علمية هندسية - تصدرها كل ثلاثة شهور

جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

العدد الرابع أكتوبر - - نوفمبر - ديسمبر ١٩٦٤

السنة الثالثة

محتويات هذا العدد

القسم العربي

صفحة

- ٧ ... المؤتمر الهندسي العربي التاسع ببغداد
٨ إنتاج المواسير الحديدية وغير الحديدية بدون لحام - ٣ - ... للدكتور المهندس بطرس مينا
٢٧ مخلفات المصانع - ٢ - ... للمهندس رزق الشناوى
٤٧ مابخص الموضوعات بالقسم الأفرنجى

القسم الأفرنجى

- ٧ حول الكمرات المقوسة الكاملة المثبتة عند نهاياتها ... للدكتور المهندس محمد محمد الهاشمى
٣١ دوائر التحكم فى الآلات الحاسبة ... { للدكتور المهندس نعيم أبو طالب
والمهندس عبد الفتاح عبد الله
٤٧ تأثير اللحام فى العوارض المركبة المقطع على مدى تحملها للكلل ... { د. المهندس شوكت عبد القادر
والمهندس محمود فهمى عبد الجابر
٥٥ تأثير بعض العوامل المرتبطة بأسلوب اللحام بالضغط على البارد ، على لحام الشفة ... { د. المهندس مصطفى كمال عبد العزيز
لشرائط الألومنيوم ...
٧٧ « لاسرز » وتطبيقاتها فى الاتصالات ... للدكتور المهندس أحمد عزيز كمال
٩١ الألواح الأرضوتروبية المستمرة المرتكزة على ركائز مرنة ... للدكتور المهندس كمال حسان

بيانات :

مقر المجلة :

جمعية المهندسين المصريين
٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة
تليفون ٥٢١٠٦

الاشتراكات :

- جميع أعضاء جمعية المهندسين بالقاهرة مشتركون في المجلة بحكم عضويتهم

الاشتراك السنوى

للبيئات	للمهندس	لغير الأعضاء :
٢٠٠	٦٠	

- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة .
- ترحب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية وأي تعليقات علمية للمناقشة
- المجلة غير مسؤولة عن أي رأي ينشر وتعتبر عن رأي كاتبها فقط

الإعلانات :

مؤسسة مصر للطباعة والإعلان والنشر
١٤ شارع نيك بالتوفيقية - القاهرة تليفون ٥١٦٠١

لجنة التحرير

المشرف العام الأستاذ الدكتور محمد طالع

رئيس التحرير الدكتور المهندس أحمد علي العريان

أمناء التحرير
المهندس حسن طه العروسي
المهندس عز الدين فـرج
الدكتور المهندس فـؤاد بهجت

أمين الصندوق المهندس حامد القـداح

المشرفون
الدكتور المهندس أحمد جـنيدى
المهندس صلاح عامر
الدكتور المهندس طاهر الحـديدي
المهندس كامل مقصـود

المؤتمر الهندسي العربي التاسع

إنعقد المؤتمر الهندسي العربي التاسع في كانون أول (ديسمبر) ، ١٩٦٤ في مدينة بغداد برعاية السيد رئيس الجمهورية العراقية .

وكان في هذا المؤتمر ست لجان وألقى فيه مستون بحثاً

وفيما يلي القرارات والتوصيات الخاصة بلجنة التعليم الهندسي :

١ - مراعاة تجديد وتطوير برامج التعليم الهندسي الجامعي لمسايرة التقدم العلمي والتكنولوجي أولاً بأول مع ملاحظة عدم تكرار بعض المقررات في ضمن المناهج على أن يكون التنسيق في إطار هيكل عام يتفق عليه بين البلاد العربية بما ييسر للطلاب متابعة دراساتهم التي يبدونها في بلد عربي ليكملوها في بلد عربي آخر وتحقيق ذلك يرى المؤتمر :

(أ) تكوين مجلس أعلى لدراسة وتنسيق نظم الدراسة الهندسية في الكليات .

(ب) عقد اجتماعات دورية للمسؤولين عن التعليم الهندسي ضمن اتحاد المهندسين العرب لدراسة وتنسيق هذه البرامج .

٢ - عدم التخصص داخل الأقسام قبل الشهادة الجامعية الأولى وحرص ذلك فيما بعد هذه المرحلة على أن تشمل دراسة التخصص الموضوعات الدراسية والبحث العلمي .

٣ - التأكيد على تمتشئ التدريب العملي خارج الكليات مع الدراسة الجامعية وخاصة أثناء العطلة الصيفية ، وتنسيق هذا التدريب ورسم خطته مع الهيئات الحكومية والأهلية .

٤ - تدعيم وتشجيع حركة الترجمة والتأليف في العلوم الهندسية وتشجيع البحث العلمي لأعضاء الهيئة التدريسية عن طريق المكافآت وتوفير الإمكانيات لذلك وتيسير متابعتهم الدراسات العالية .

٥ - العمل على تدريب المهندس بعد تخرجه وفق أسس تضعها النقابات المهنية .

٦ - العمل على رفع مستوى الدراسة الثانوية في العلوم العامة وفي الناحية العملية لتأهيل الطالب لدراسة الهندسة .

٧ - التأكيد على توصية المؤتمر الهندسي العربي الخامس بوجوب استقلال التعليم الهندسي الجامعي إدارياً ومالياً وذلك بإنشاء جامعات هندسية مستقلة عن بقية الفروع الجامعية .

٨ - العمل على تكوين مدرسة فسكر معمارية عربية موحدة الأسس تنبثق من صميم البيئة والتراث العربي والتأكيد على المسابقات العامة في جميع البلاد العربية لوضع التصاميم المعمارية التي تحي التراث العربي .

٩ - الإهتمام بالتنوع لا بالعدد في التدريس الهندسي الجامعي على أن يعوض العدد في مجال التدريس المهني .

١٠ - تنسيق التخصص في مرحلة ما بعد الشهادة الجامعية الأولى بحيث تنفرد كل كلية هندسية بمجال خاص يجعل من تلك الكلية مرجعاً في هذا الحقل .

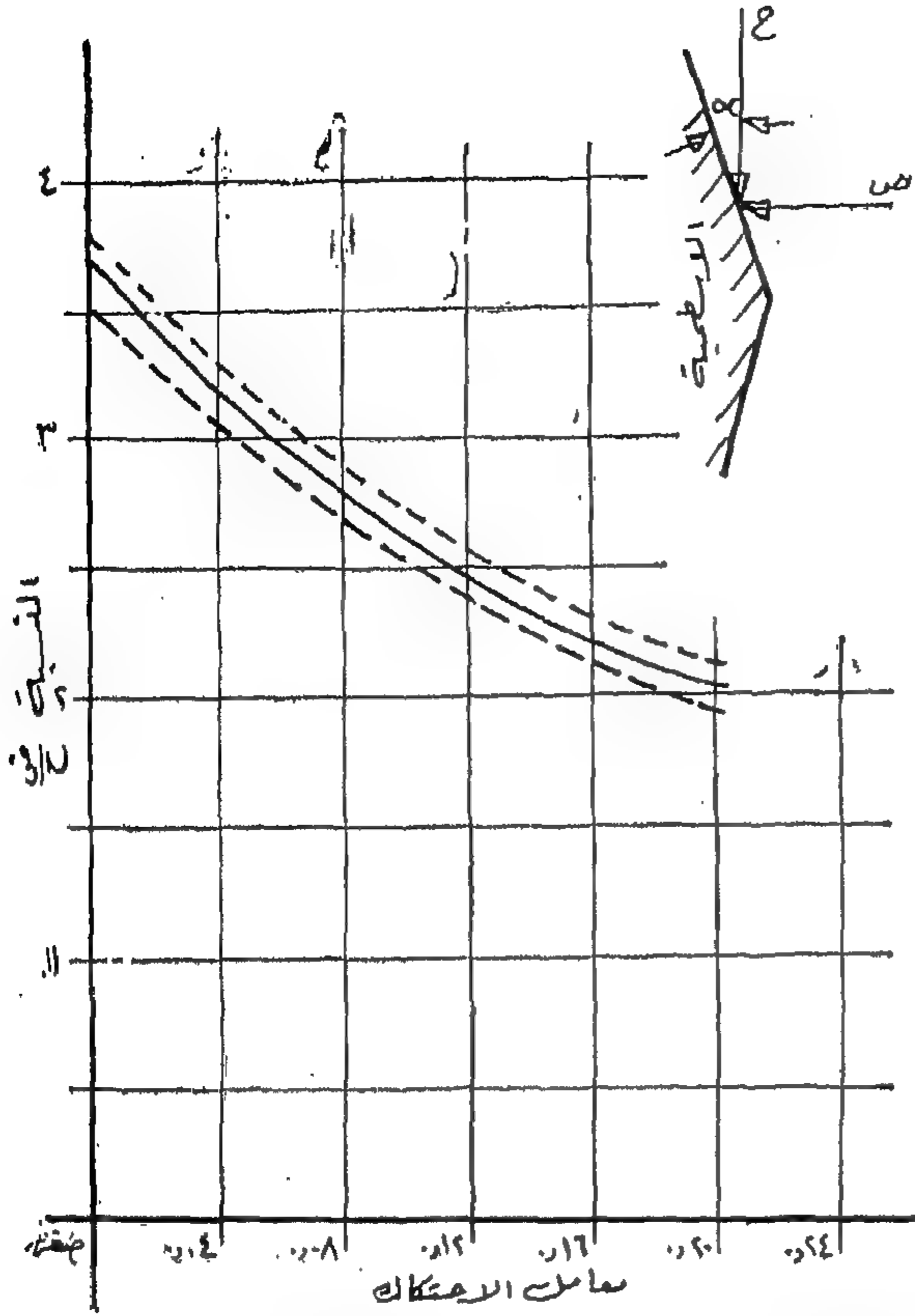
إنتاج المواسير الحديدية وغير الحديدية بدون لحام

دكتور مهندسة بطرس مينا بطرس

بحث شامل لنظريات التشكيل ومدى تطابقها مع النتائج العملية . دراسة المتغيرات وتأثيراتها على معدن المواسير . مواد التزييت الأكاديمية والتجارية وعلاقتها بالاحتكاك الحادث بين جدران المواسير واسطوانات السحب .

— ٣ —

يشمل هذا الجزء الثالث من تحاليل نظريات وأبحاث طرق إنتاج المواسير غير المملحومة ، على تكملة لدراسة مواد التزييت المستخدمة في عمليات السحب وقيم فعالية لمعامل الاحتكاك الحادث بين جدران الإسطوانات والمواسير مستنبطة من واقع التجارب العملية ، بدلا من فرض قيم نظرية بحيث تناسب تطابق النظريات مع النتائج العملية كما كان متبعاً من قبل . يتبع ذلك مقارنات شاملة بين مختلف النظريات وسواء أكانت لعمليات سحب المواسير فارغة أو مملحة أو مملحة بواسطة دليل ثابت أو متحرك ، مع نتائج التجارب التي أجراها كل من المؤلف وغيره من البحوث السابقين .



متوسط معامل الاحتكاك مع المواسير الصلب على اسطوانات صلب هو ٠.٠٦ حتى ٠.١٣٥ تبعاً لمادة التزييت المستخدمة .

ومتوسط معامل الاحتكاك مع المواسير الألمنيوم على اسطوانات صلب هو ٠.٠٨ حتى ٠.١٤٥ أيضاً تبعاً لمادة التزييت .

أما مواد التزييت المختلفة ، والتي يمكن استخدامها في عمليات تشكيل المواسير فبعضها تجارى والبعض الآخر لا يسهل استخدامه عملياً بالرغم من إعطائه نتائج مرضية من ناحية قوى التحميل ومعاملات الاحتكاك الحادث . وفي مواد التزييت التجارى محلول الصابون والذي يستخدم غالباً مع مواسير الصلب الطرى . ولتغطية المواسير بهذا المحلول نغمس أولاً ولبضع دقائق في حامض كبريتيك مخفف ثم نغسل ونغمس ثانية في محلول من فوسفات الصوديوم والزنك لتغطيتها بطبقة من الفوسفات Bonderising ، والتي تساعد على الحد من تأكل الاسطوانات وأيضاً تمنع التقاط المعدن من

شكل (١٦) التغيير في معامل الاحتكاك مع القوى المؤثرة

السطح ، وترك المعدن في حالة تسمح له بالاحتفاظ بمادة التزييت داخل مسامه . وبعد غمس المواسير في هذا المحلول لمدة ثلاث دقائق تغسل وتجفف وأخيراً نغمس في محلول الصابون المطلوب ثم نترك لتجف . تترك هذه العملية طبقة من المحلول على كل من سطحى الماسورة الداخلى والخارجى ويتوقف سمك طبقة مادة التزييت على درجة تركيز المحلول وحرارته أثناء غمس المواسير داخله . ويؤثر سمك هذه الطبقة على مقدار التخفيض في مساحة مقطع الماسورة أثناء عمليات السحب . ويصبح في طريقة التزييت هذه استبدال عملية الغمس في محاليل الفوسفات بترك المواسير لتصدأ بعد معاملة بها بحامض الكبريتيك وقبل غمسها في محلول التزييت .

ومن مواد التزييت الأخرى التجارية الزيوت المعدنية وتستخدم في سحب المواسير الألمنيوم . ومن مواد التزييت الأكاديمية مسحوق الجرافيت المخروط مع الشحم ينسبة حوالى ١ : ٣ بالوزن . ويصعب طلاء هذا الشحم على جدران المواسير وعلى الأخص الأسطح الداخلية . ويصعب كذلك إزالتها بعد الانتهاء من عمليات السحب . ثم اللانولين وأوليت الكالسيوم في الكحول . ويسهل استخدام هذا الأخير فضلاً عن إعطائه أحسن النتائج لعمليات السحب فقط يعتبر ثمنه مرتفعاً بمقارنته بالمواد الأخرى المستخدمة وتطايره السريع .

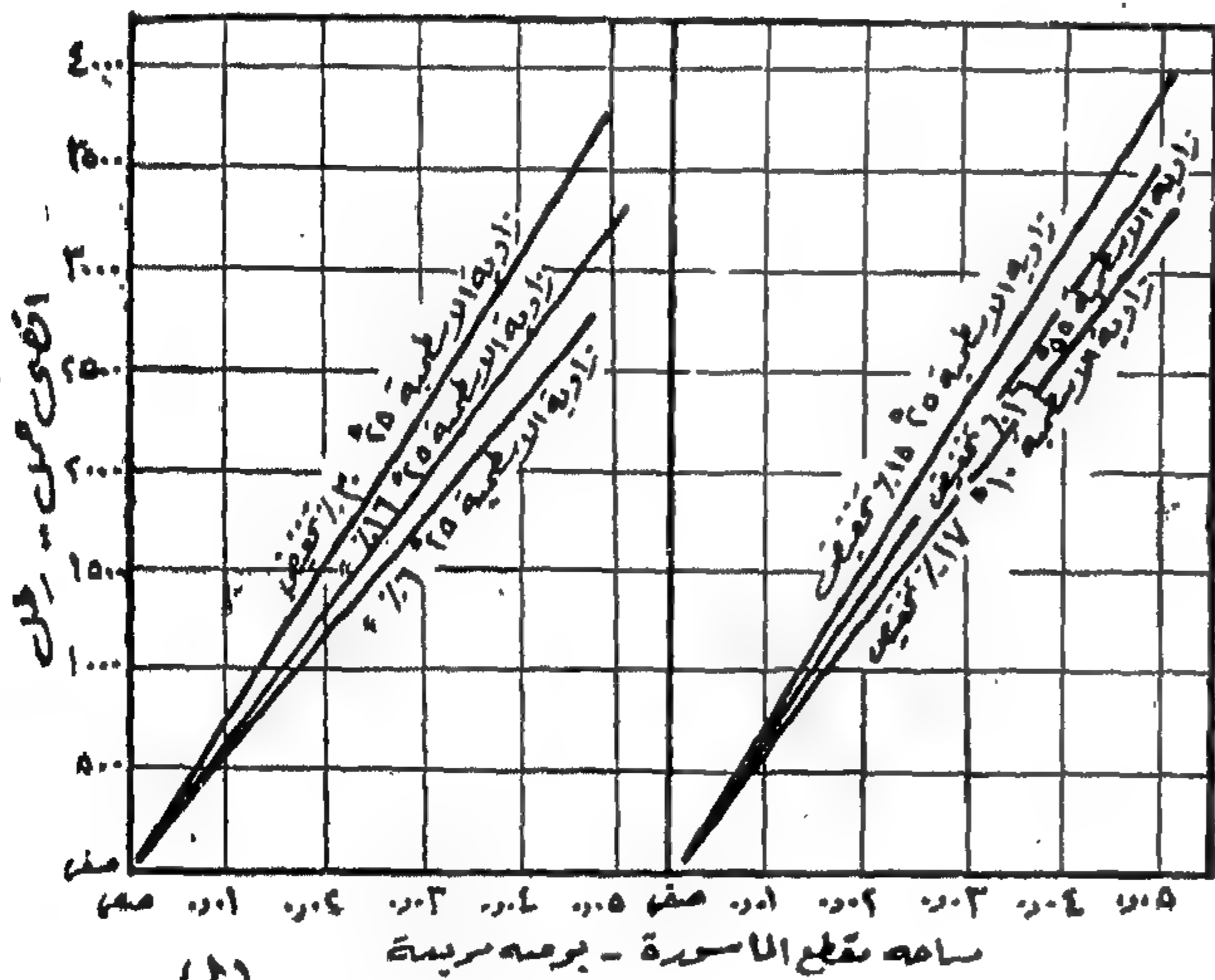
ملاحظة (١) : يصبح استخدام محلول الصابون مع مواسير الألمنيوم لو أمكن استخدام طريقة مناسبة تشابه عملية غمس مواسير الصلب بمحاليل الفوسفات ، حتى يمكن للمواسير الاحتفاظ بمادة التزييت على أسطح المعدن داخل مسامها .

ولقد أثبتت التجارب السابقة والتي قام بها المؤلف (بطرس) (٢٤) فشل محاليل الصابون مع مواسير الألمنيوم كمادة تزييت حيث تمزقت طبقاته أثناء عمليات سحب المواسير داخل الاسطوانات .

ملاحظة (٢) : من النقاط الهامة التي لاحظها المؤلف (بطرس) (٢٤) في سابق تجاربه على عمليات التزييت باستخدام الزيوت المعدنية مع مواسير الألمنيوم أثناء كبحها ، أن حمل السحب كان مرتفعاً نسبياً ولقد فسر المؤلف ذلك بسبب تراكم الزيت عند مدخل الاسطوانة بين سطحى الماسورة والاسطوانة (فراغ على شكل حرف V) . ويزداد ويتراكم ضغط الزيت عند هذا الجزء . ثم يدفع بنفسه بين سطحى المعدنين المتزايقين على بعضهما . ويسبب الفاقد في تراكم ضغط الزيت هذا ارتفاع حمل السحب . أما الزيت المندفح بين سطحى الماسورة والاسطوانة فإنه يحد من الاحتكاك ويعطى نعومة لسطح المواسير ، ويمنع النقاط المعدن بين السطحين .

ملخص للتجارب والأبحاث التي أجريت على سحب المواسير فارغة :

من أقدم التجارب العملية التي أجريت على سحب المواسير فارغة ما قام به العالمان ساخس واسبي (٢٥) — ١٩٤٢ — والتي تهدف إلى تحليل قوة تحمل المعدن خلال جدران المواسير بعد سحبها ولقد استخدمت في هذه التجارب المواسير النحاس الخمر ذات الأقطار الخارجية المختلفة ، وسمك الجدران الثابت ٣.١٢ مم . بوصة .



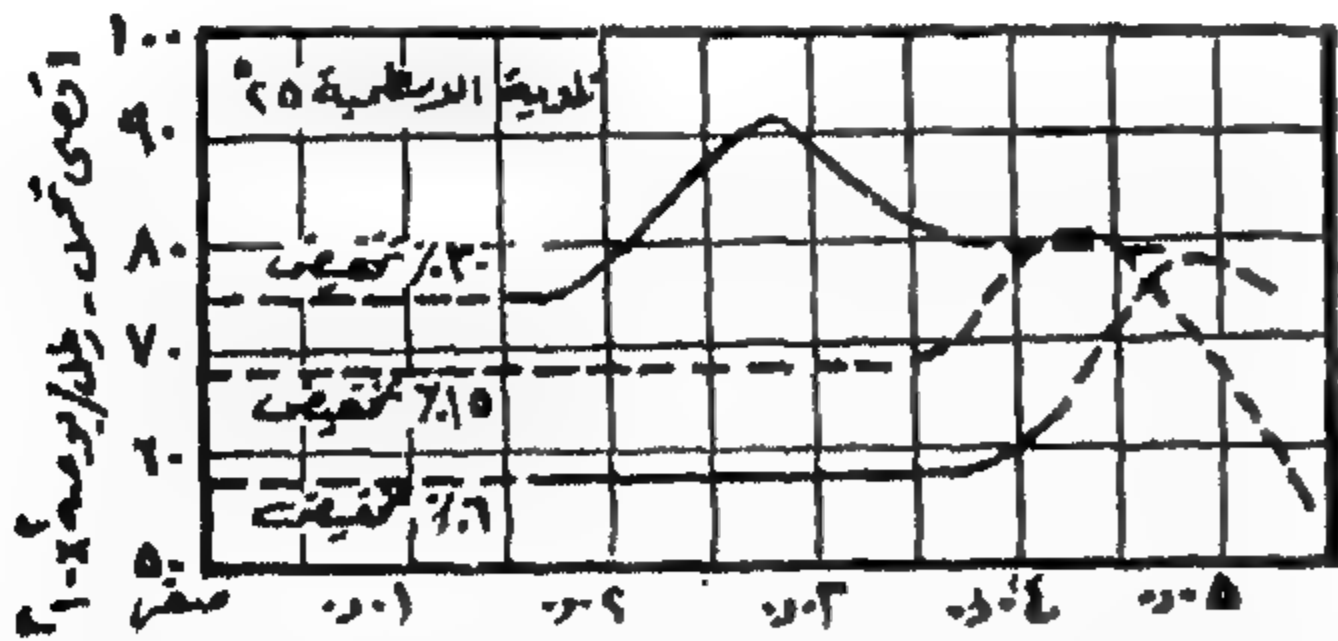
(ف)

سحبت هذه المواسير بسرعة ٧ قدم / الدقيقة على مضخة سحب هيدروإيكية ، خلال اسطوانات ذات مقاطع مخروطية مع دوران عند العنق بنصف قطر ١/٢ بوصة . واستعمل الزيت الخروع للتزييت . وبعد إجراء عمليات السحب كانت تعامل المواسير بالأحماض المناسبة لتخفيض سمك الجدران حتى قيمة معلومة ، تم إعداد عينات منها لإجراء اختبارات الشد عليها .

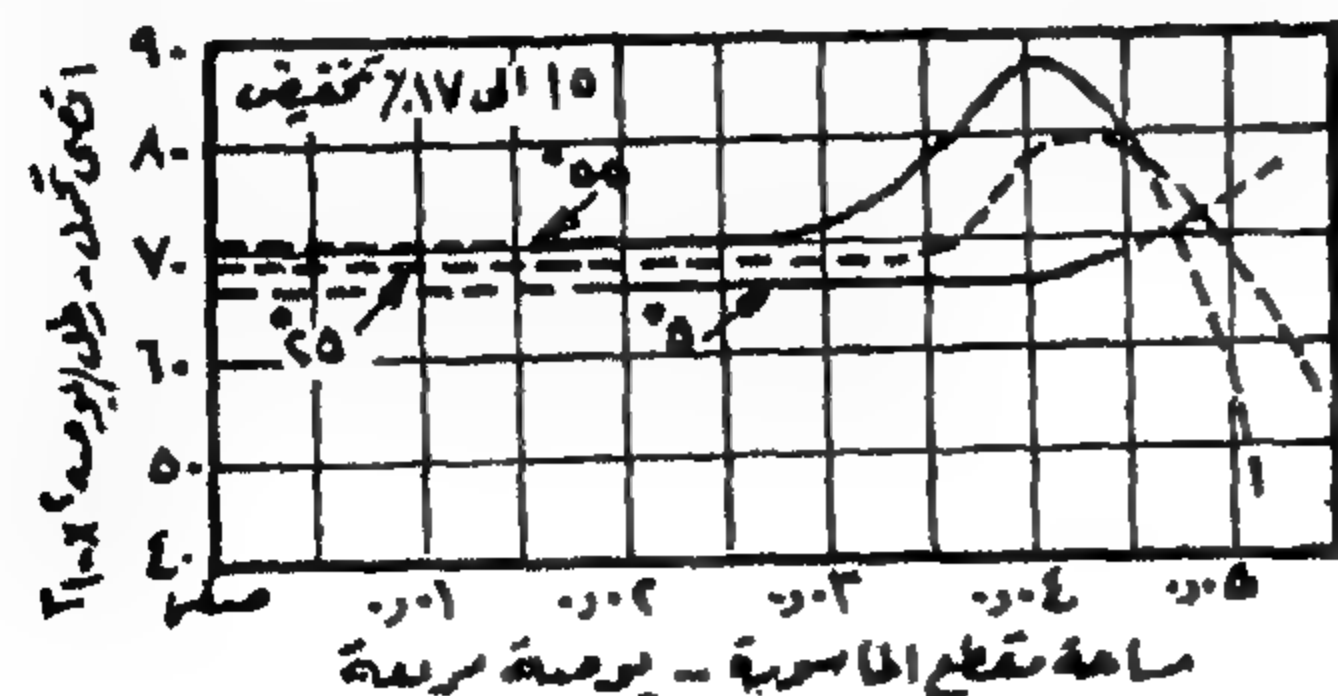
ومن هذه التجارب أمكن الوصول إلى النتائج التالية :

١ — يتناسب أقصى احتمال للشد لجدران المواسير مباشراً مع مسامه مقطع الجدران الباقي بعد المعاملة بالحامض ، علماً بأن درجة ميل خط التناسب تتغير تبعاً لزاوية مخروط الاسطوانة ومقدار التخفيض في مساحة مقطع المواسير — شكل ١٧ — أ

٢ — تزداد قوة احتمال الشد لمعدن المواسير بعد السحب كلما زاد مقدار التخفيض في مساحة المقطع



(أ)



(ب)

شكل (١٧)

والذى تتعرض له المواسير أثناء السحب . علماً بأن الأنسجة المعدنية لجدران المواسير ذات أقصى احتمال للشد تكون قريبة من السطح الخارجى مع التخفيضات البسيطة فى مساحة المقطع . ولكنها تتجه إلى الداخل كلما زاد مقدار التخفيض هذا (شكل ١٧ - ب) .

٣ — لا يتغير أقصى احتمال للشد كثيراً مع زاوية مخروط الاسطمة (شكل ١٧ - ج) .

وفى عام ١٩٤٤ أجرى العالمان بلدوين وهوارد^(٢٦) بعض التجارب فى سحب مواسير سبائك النحاس الأحمر فارغة ، خلال اسطمبات مخروطية ذات زوايا 14° ، 30° ، 55° ، وأيضاً خلال اسطمبات إنسيابية .

ومن هذه التجارب أمكن الوصول إلى النتائج التالية :

١ — يزداد سمك جدران المواسير أثناء السحب ، فى حالات الجدران الرفيعة نسبياً . بينما يقل فى حالات الجدران السمكية .

٢ — تظهر علاقة خطية بين نسبة السمك إلى القطر الخارجى ، ومقدار التخفيض فى قطر الماسورة الخارجى ، وذلك حتى 30% إلى 40% . كما وجدت هذه العلاقة صحيحة لكل من المواسير الألمنيوم والنحاس والصلب .

٣ — يتأثر التغير فى سمك الجدران أثناء السحب تبعاً لمقدار التخفيض فى كل سمكة ، وأيضاً تبعاً لخواص المعدن الطبيعية .

٤ — لا يتأثر سمك الجدران النهائى بمعدن المواسير .

٥ — لا يتأثر السمك النهائى بنوع مادة التزيت أو بالإسطمبة وتصميمها .

وفى عام ١٩٤٦ أجرى ساخس وبالدين^(٢٧) بعض التجارب على عمليات سحب كل من مواسير النحاس الناضف والنحاس المخمر (الأحمر والأصفر) ، والى تتراوح نسبة سمك جدرانها إلى قطرها الخارجى ما بين 0.01 و 0.05 . سحباً فارغاً خلال اسطمبات مخروطية الشكل ذات زوايا 14° ، 28° ، 54° .

وكانت نتائج التجارب كالتالى :

١ — اختلف خط بيانى الجهد — الإجهاد لمعدن المواسير بعد سحبها عن مثيله قبل السحب . شكل ١٨ (زيادة فى صلادة المعدن) .

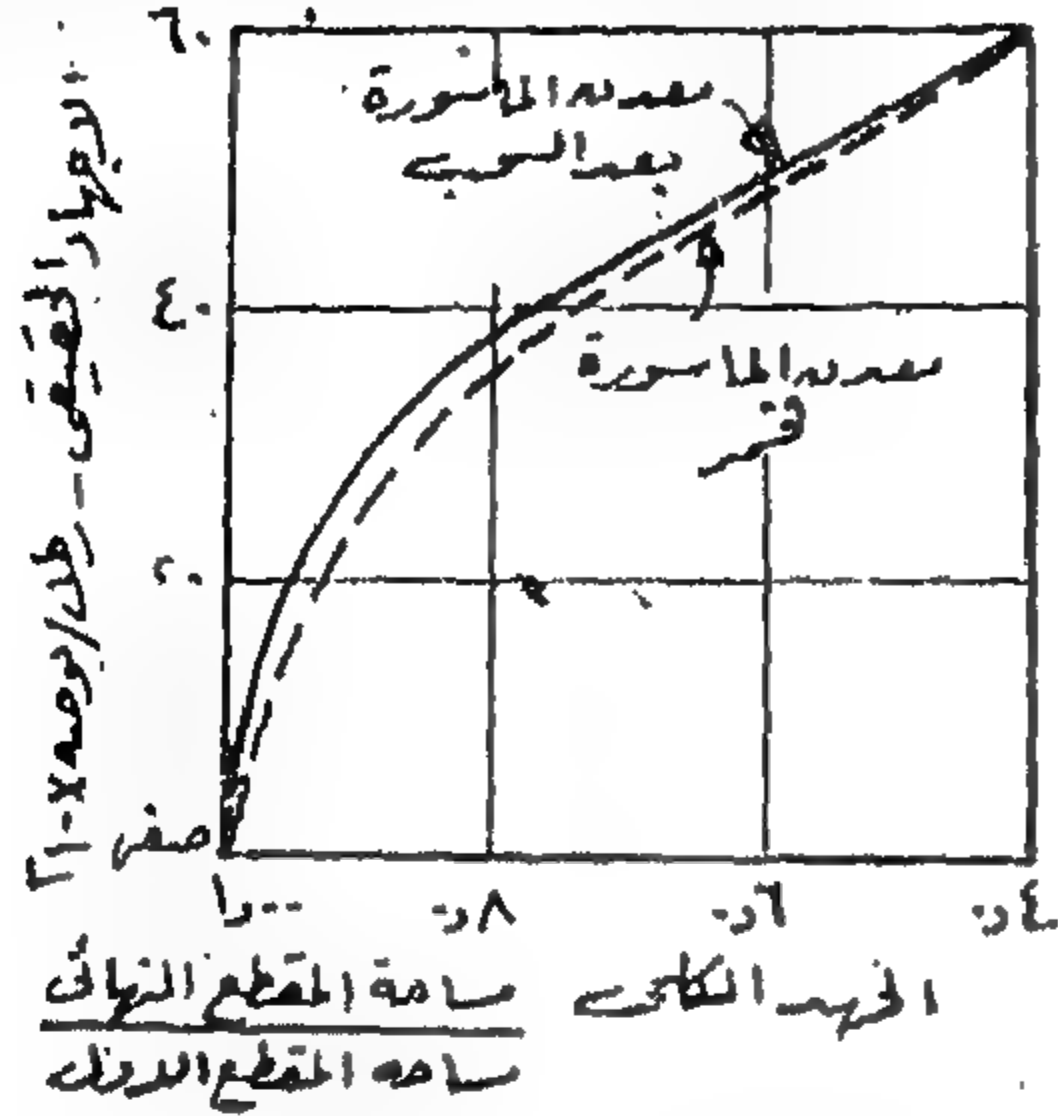
٢ — عملت مقارنة بين الإجهادات اللازمة لسحب كل من المواسير الفارغة والأسلاك ، وذلك لإظهار تأثير نسبة سمك جدار المواسير إلى قطرها الخارجى (مع استخدام نفس المعدن والإسطمبات ومواد التزيت فى كلتا الحالتين) .

مع ملاحظة أن السلك يمثل أقصى حد لنسبة سمك جدران الماسورة إلى قطرها الخارجى $\left(\frac{\text{لصفر}}{\text{قصر}} = \frac{1}{3} \right)$ وأثبت

تطابق كل من القيم النظرية والعملية صحة التمثيل السابق للأسلاك بأنه حد أقصى للمواسير .

تعتبر عملية سحب المواسير الفارغة من العمليات الصناعية الهامة والى لا يتحدد فيها تماماً إنسياب معدن الجدران

مقارنة خطوط بيانية الجهد - الاجهاد لمعدن المواسير
قبل وبعد سحبها فارغة خلال اسطوانات مخروطية زاويتها ٢٨°



شكل (١٨)

السحب تتم بسرعة ١/٢ قدم / الدقيقة مع استخدام محلول الصابون للتزييت . ومن نتائج هذه التجارب ما يلي :

- ١ - يمكن للمواسير السليمة والتي ليس بها عيوب سطحية أن تمر خلال الاسطوانات بدون ثنى أو طى .
- ٢ - إذا كان هناك طيات أو ثنيات سطحية قبل السحب فإن هذه الثنيات تنتشر بطول المواسير بعد سحبها ، وخاصة إذا زاد مقدار التخفيض زيادة كبيرة وأيضاً إذا انخفضت نسبة سمك الجدران إلى قطر المواسير الخارجى . ولا تتأثر هذه العملية كثيراً بزاوية مخروط الاسطمة ومعدن المواسير .

مقارنات بين نتائج تجارب ضغط المواسير وسحبها فارغة:

قام بريجنز (٢٩) عام ١٩٤٢ ببعض التجارب على كل من عمليات ضغط المواسير وسحبها فارغة ، استخدم لذلك مواسير من الصلب الطرى ذات قطر خارجى ١ ١/٢ بوصة ، ٤ ر. بوصة سمك الحائط . وتمت عمليات الضغط والسحب داخل اسطوانات مخروطية زوايتها ٣٠° مع جزء دائرى عند العنق بنصف قطر ٣/٨ بوصة (كان اختيار هذا المقطع للاسطمة بعد دراسة شكل المواسير النهائى بعد السحب وانطباقه مع الشكل المذكور) . ولقد استخدم محلول الصابون لتزييت جميع المواسير والتي صحت بسرعات ١ ١/٢ بوصة / الدقيقة ، ١٧ قدم / الدقيقة ، ٣٧ قدم / الدقيقة . أما عمليات الضغط فقد تمت كلها بالسرعة البطيئة .

ومن نتائج هذه التجارب ما يلي :

- ١ - توجد علاقة خطية مستقيمة بين حمل السحب وقطر عنق الاسطمة . يتقابل هذا الخط المستقيم عند إمتداده مع محور عدم وجود حمل عند القطر ١ ١/٢ بوصة . ولا توجد هذه العلاقة الخطية البسيطة في حالة ضغط المواسير فارغة شكل ١٩ - أ .

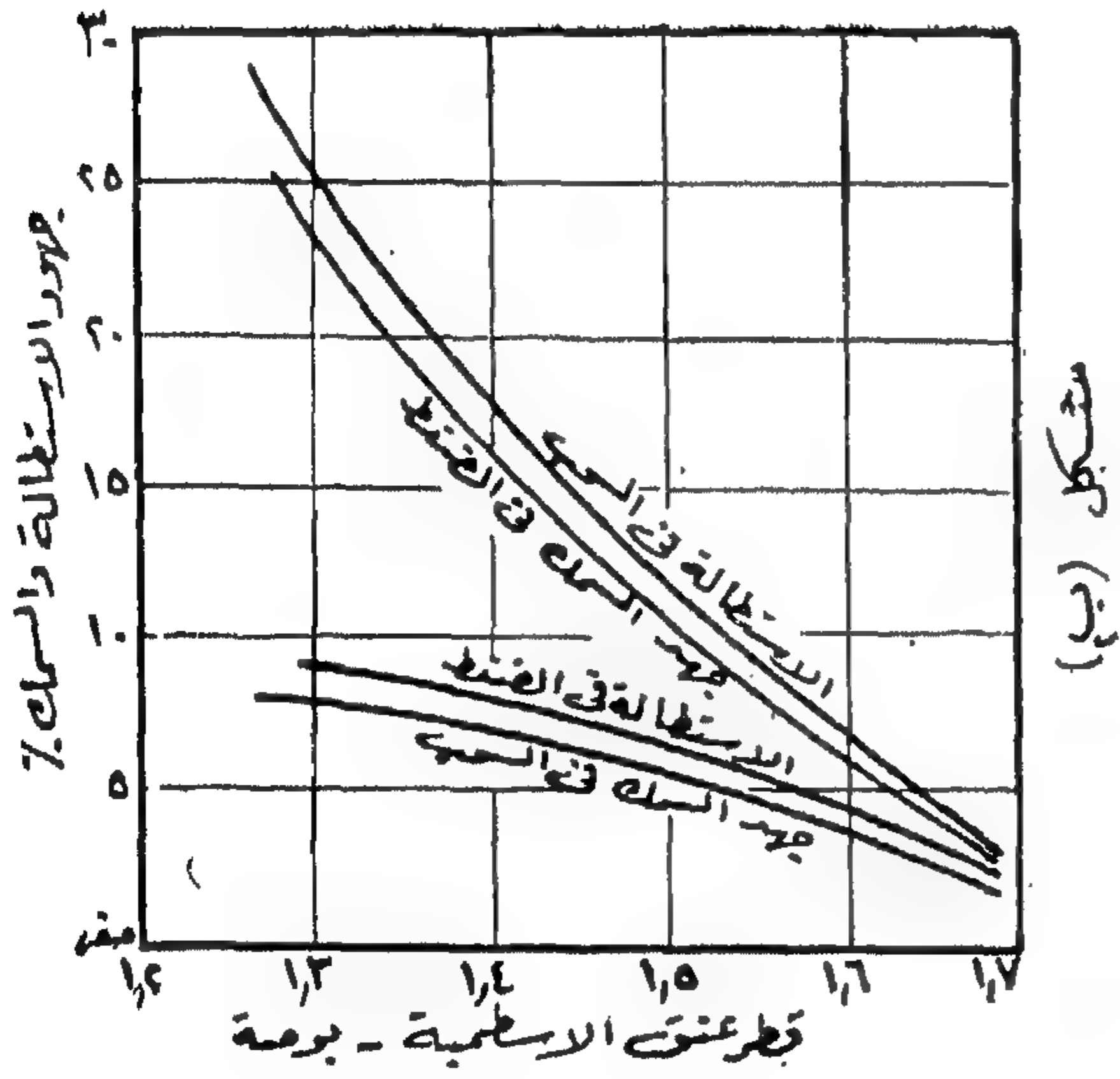
- ٢ - يزيد الحمل اللازم لضغط المواسير حوالى ٥٠٪ عن الحمل اللازم لسحب نفس المواسير خلال نفس الاسطوانات وتحت تأثير عوامل متشابهة فى الحالتين .

- ٣ - أقصى تخفيض فى قطر الماسورة أمكن الوصول إليه بنجاح فى حالة الضغط هو ٢٣٪ .

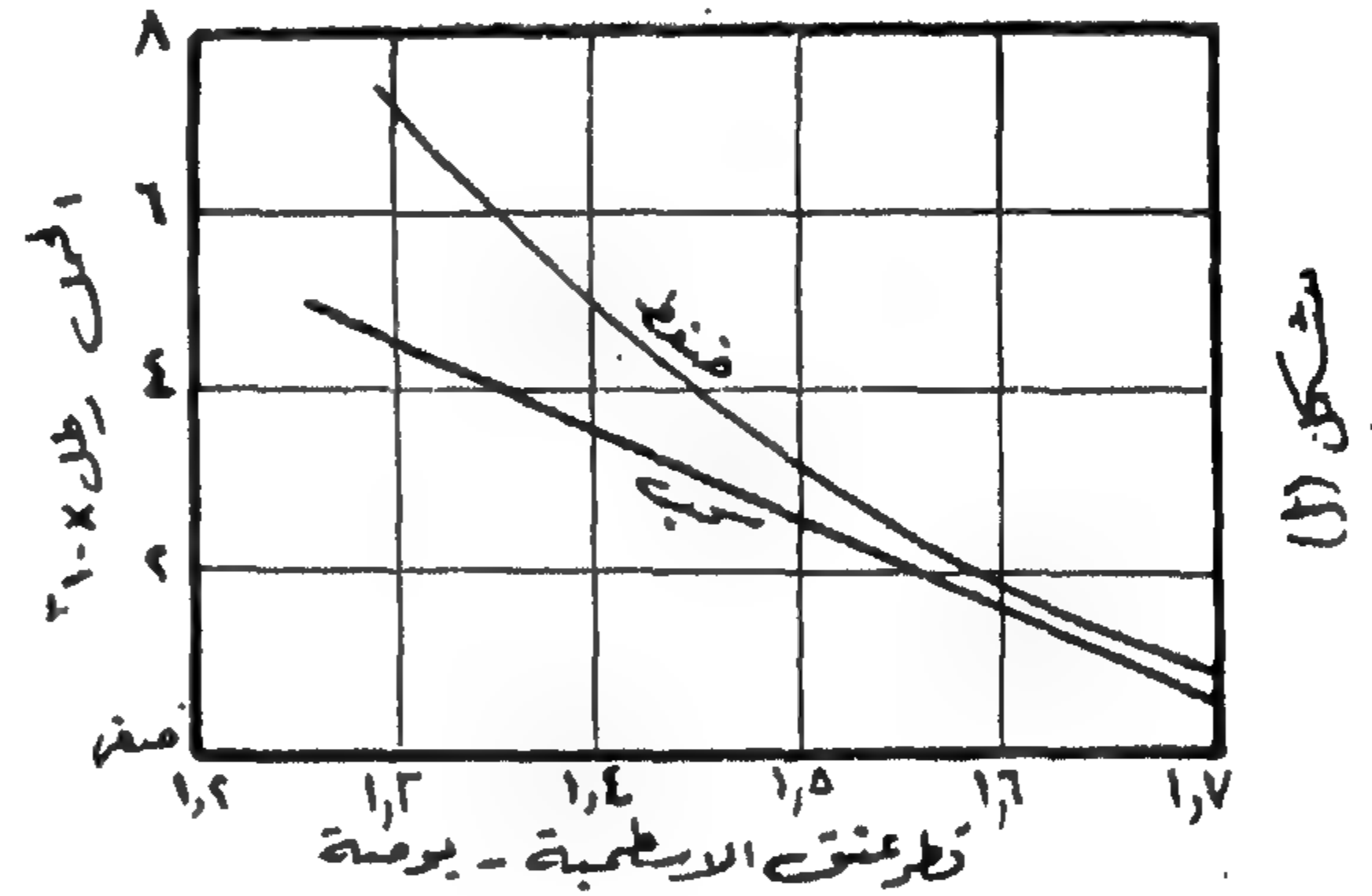
بواسطة أدوات التشكيل . ويميل المعدن أحياناً للانبعاج أو الثنى أو التقوس . فى حالة الجدران الرقيقة قد يساعد الإجهاد المحيطى على تكون طيات طولية أو محورية .

وفى عام ١٩٤٦ أجرى ساخس وبولدوين (٢٨) أيضاً بعض الدراسات العملية على احتمال تكون الطيات أو الثنى بجدران المواسير أثناء سحبها فارغة ، وذلك باستخدام مواسير مصنوعة من النحاس الأحمر أو الأصفر المخمر أو الألمنيوم المخمر . وكانت عملية

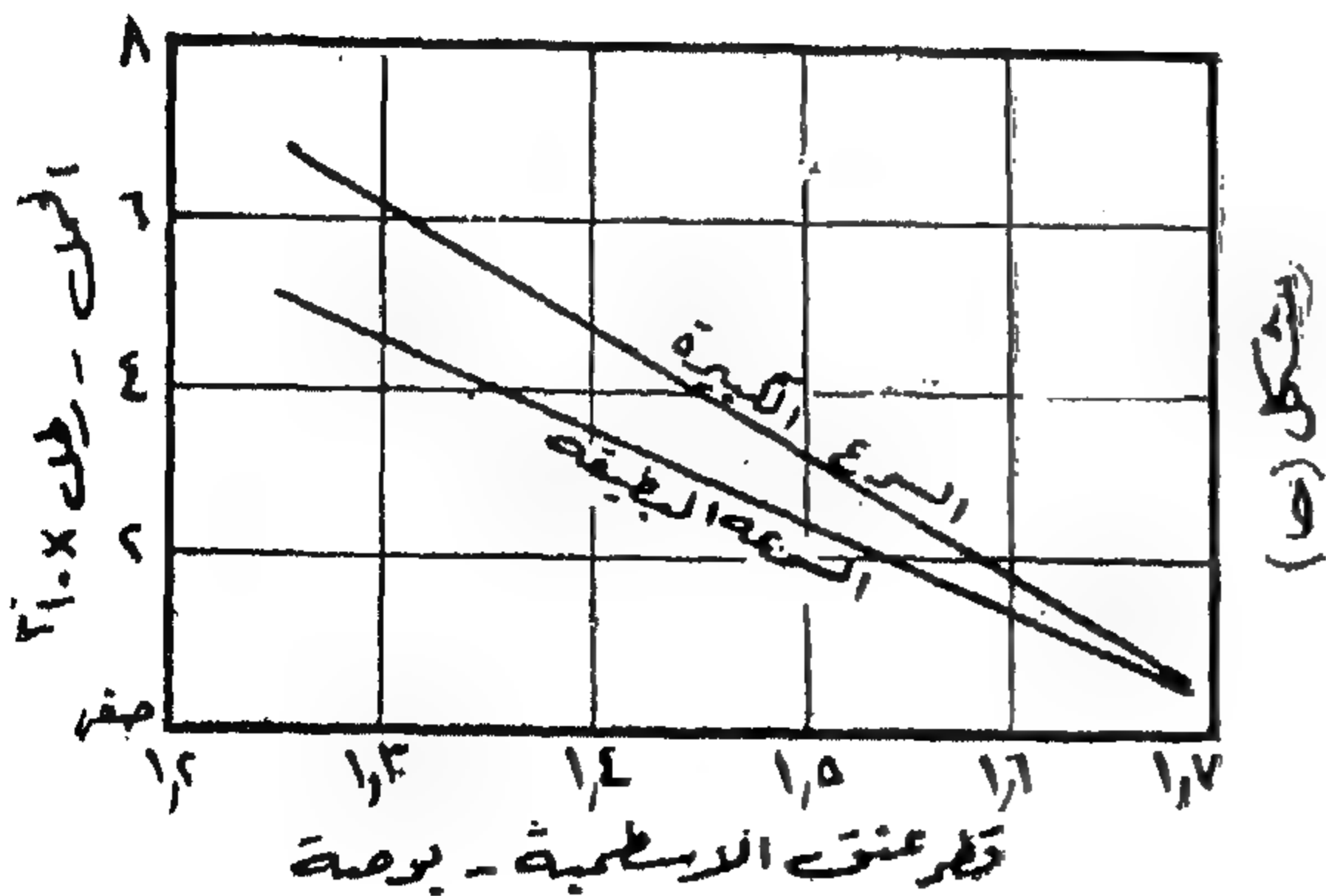
- ٤ — تتسبب كل من العمليتين في استطالة المعدن وزيادة سمك جدرانه شكل ١٩ — ب .
- ٥ — ترتفع درجة صلادة المعدن في كلتا الحالتين ويزداد معدل إرتفاع الصلادة في حالة السحب عنها في حالة الضغط .
- ٦ — يرتفع حمل السحب بمقدار حوالى ٣٠٪ بزيادة السرعة من $\frac{1}{4}$ بوصة / الدقيقة إلى ١٧ قدم / الدقيقة ، ولا تزيد بعد ذلك بارتفاع السرعة حتى ٣٧ قدم / الدقيقة ، شكل ١٩ — ح .
- ٧ — لا تؤثر سرعة السحب في قيم الجهود الحادثة في أى من حالتى السحب والضغط .
- ٨ — تخرج المواسير جميعها بأقطار نهائية أقل من قطر عنق الإسطمبية ، فما عدا الحالة التى تستخدم فيها الاسطمبات الإنسيابية ذات شكل المقطع المطابقة لشكل الماسورة المتوقع أثناء السحب .
- ولقد أكمل كلارك (٣٠) عام ١٩٤٥ التجارب التى قام بها بربىز مستخدماً مواسير من الصلب قطرها الخارجى $\frac{1}{4}$ بوصة ، وسمك جدرانها $\frac{1}{8}$ بوصة . سحبت هذه المواسير خلال اسطمبات مخروطية الشكل زاويتها السكية ٣٠° ، وقطر عنقها ٣ بوصة ، مع وجود حواف حادة عند كل من المدخل والعنق .



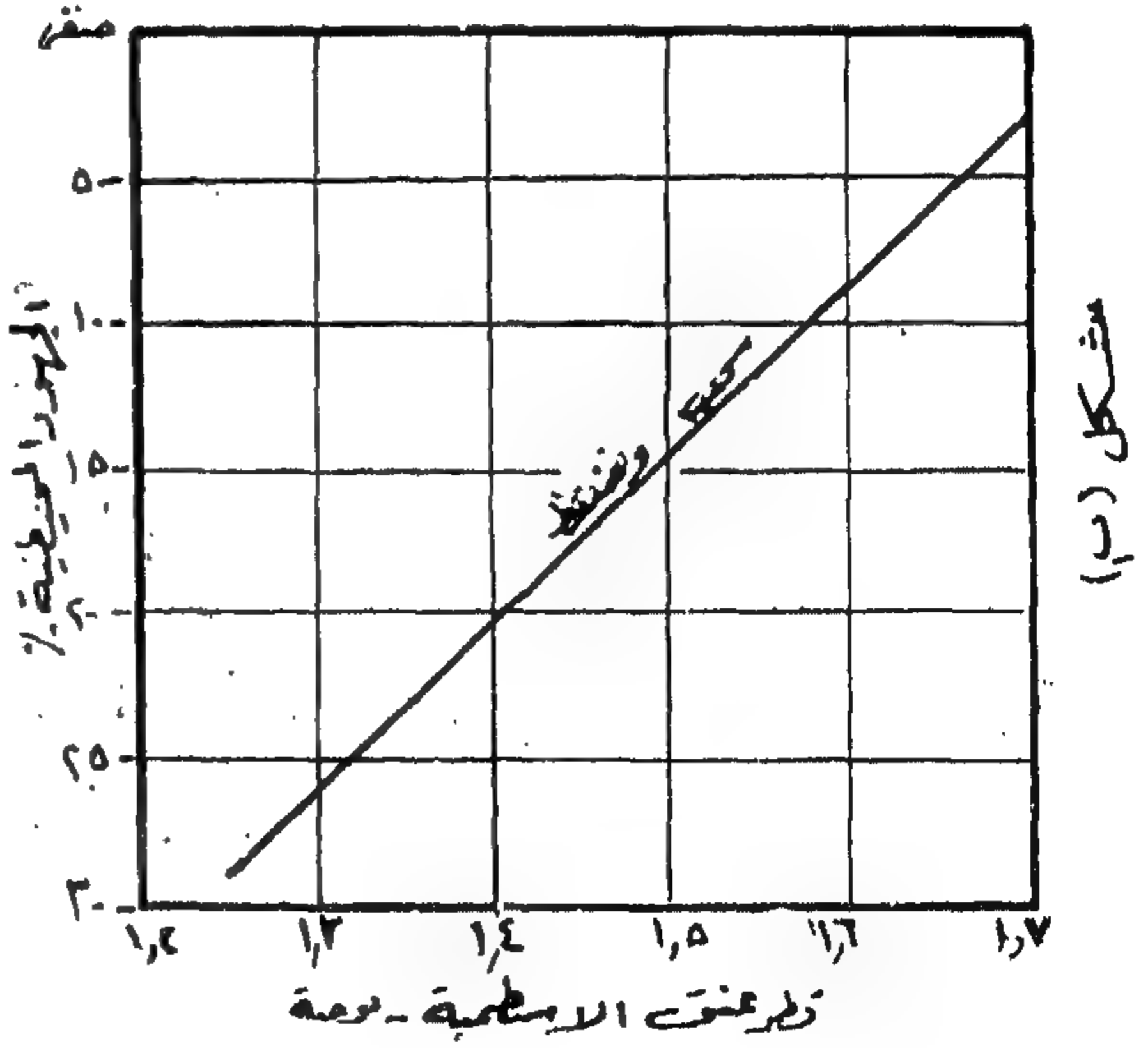
شكل (١٩) (أ)



شكل (١٩) (ب)



شكل (١٩) (ج)



شكل (١٩) (د)

ولقد مكنت هذه المواسير المتسعة نسبياً من قياس وتقدير الإجهادات والجهود الحادثة بكل جزء من أجزاء الماسورة قبل دخول الأسطوانة وبعد خروجها منها . واستخدام مسحوق الجرافيت المخلوط بالدهن أو الشحم كمادة تزييت أثناء سحب المواسير عند السرعة الصغيرة (٥٠٠ ر. بوصة / الدقيقة) .

ولقد أكدت نتائج كلارك ما سبق أن وجده بريجز من أن المواسير تخرج جميعها بأقطار نهائية أقل من قطر عنق الأسطوانة . وتبين الأشكال ٢٠ - ١ ، ب الجهود المختلفة الحادثة في جدران المواسير أثناء السحب . كذلك وجد أن صلادة المعدن ترتفع كثيراً بعد السحب .

نتائج التجارب التي قام بها المؤلف بطرس في سحب المواسير أو ضغطها فارغة :

قام المؤلف (٦) عام ١٩٤٩ بكثير من التجارب في هذا المجال مستخدماً أسطوانات مخروطية من الصلب الناشف زوايتها ٣٠° ، ولها حافة حادة بين جزئها المخروطي والعنق الأسطواني . ولقد أجريت كل من عمليات السحب والضغط على مواسير من الألمنيوم والنحاس والصلب الطرى .

وشملت الدراسة المتغيرات الآتية :

نسبة سمك جدران الماسورة إلى قطرها الخارجى ، نسبة التخفيض في مساحة مقطع الماسورة ، مواد التزييت المستخدمة سرعة سحب أو ضغط المواسير ، معدن المواسير .

وكانت أهم النتائج ما يلى :

١ - لا يمكن التحكم ، في حالات سحب المواسير أو ضغطها فارغة ، في طبيعة سطح المواسير من الداخل والتي يصح أن تكون خشنة . كما أنه لا يمكن التحكم تماماً في قطر الماسورة النهائى .

٢ - لا تتحكم الأسطوانة تماماً في معدن المواسير . ففي حالات الضغط أو السحب نجد أن المواسير الرفيعة الجدران يمكن أن تكون طيات طويلة تحت تأثير الإجهادات المحيطة .

٣ - أمكن سحب المواسير مختلفة المعادن وضغطها بنجاح تخفيض حتى حوالى ٣٠٪ ، ٢٤٪ على التوالى .

٤ - لا يتوقف مقدار الجهد الحادث على معدن المواسير .

٥ - تفتح فوهة المواسير الأمامية أثناء الضغط على هيئة فتحة الجرس .

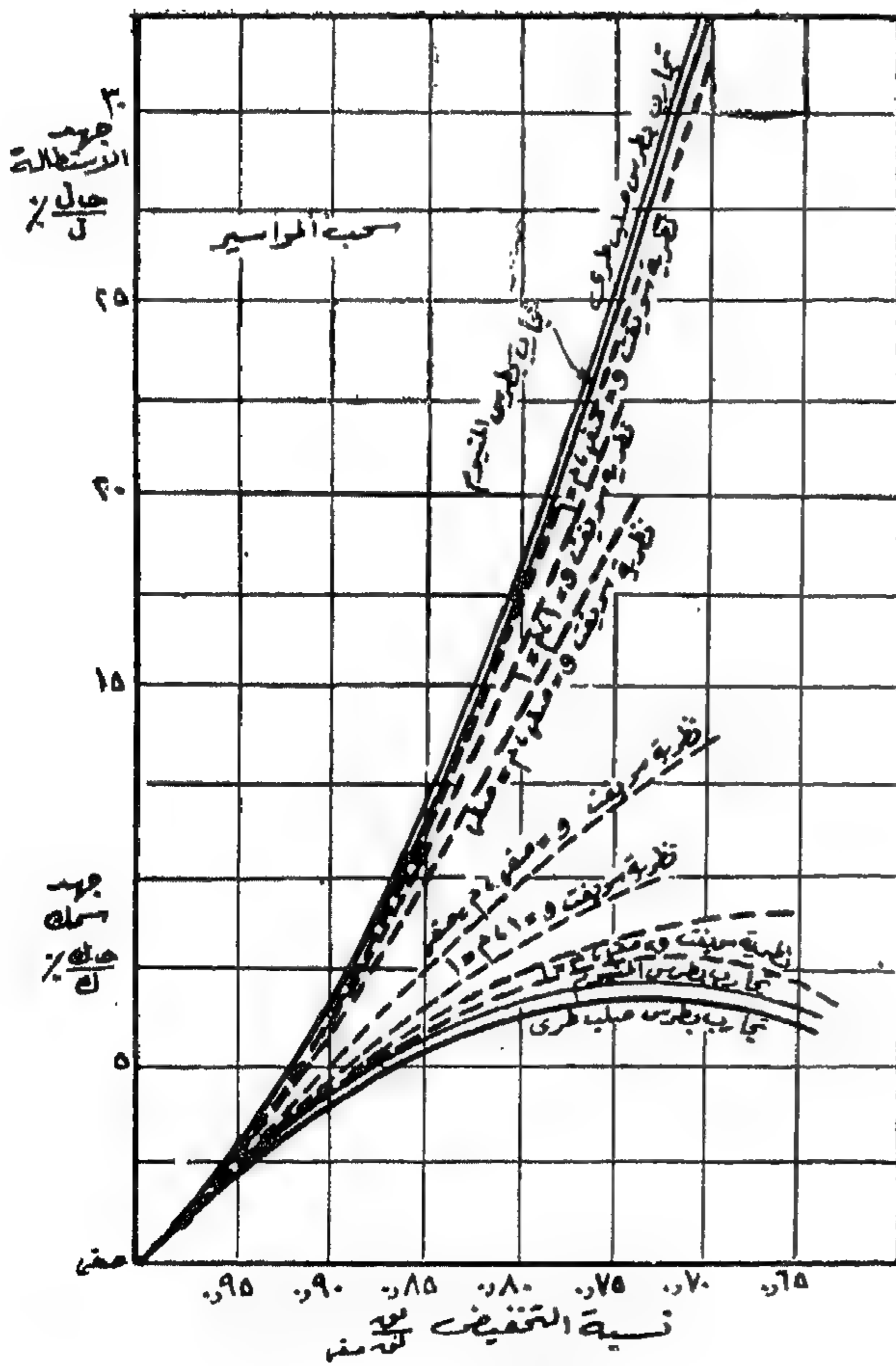
٦ - يرتبط حمل السحب مع قطر عنق الأسطوانة بعلاقة خطية مستقيمة تقابل محور عدم وجود أى حمل عند قيمة تساوى قطر الماسورة المسحوبة . وتشابه هذه النتيجة ما سبق أن حصل عليه بريجز باستخدام مواسير ذات أقطار خارجية مختلفة .

٧ - تزداد درجة صلادة كل من النحاس والصلب مع زيادة نسبة التخفيض في مساحة مقطع الماسورة . بينما لا ترتفع درجة صلادة الألمنيوم كثيراً .

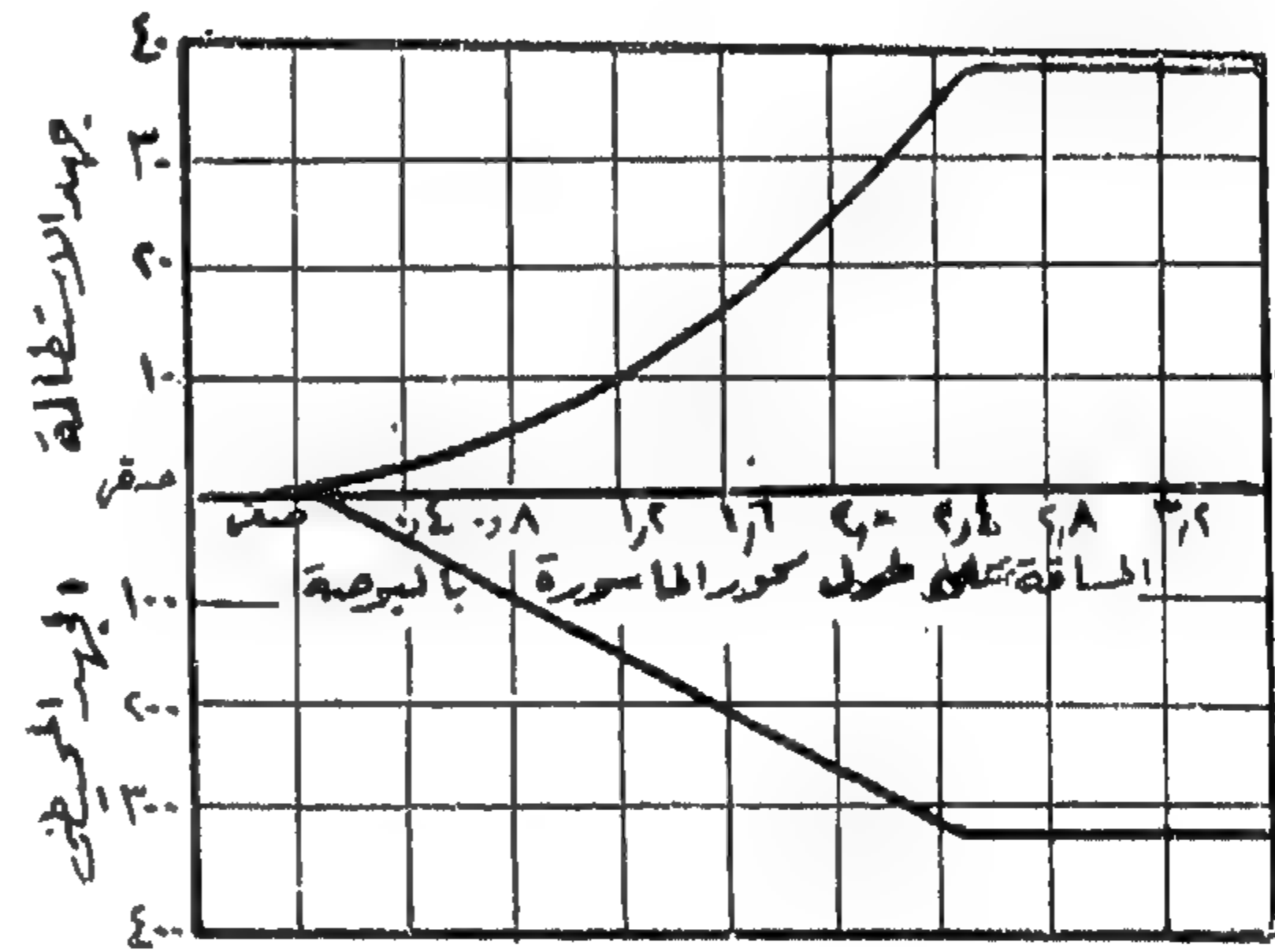
٨ — أعطى الشحم أحسن النتائج كمادة تزييت من ناحية الحمل اللازم للسحب ، كما أنه أعطى مع الجرافيت أقل الجهدود الحادثة .

٩ — لم يرتفع حمل السحب أكثر من حوالى ٦٪ بزيادة السرعة من حوالى ثلث بوصة / الدقيقة حتى ١٥ قدم / الدقيقة .

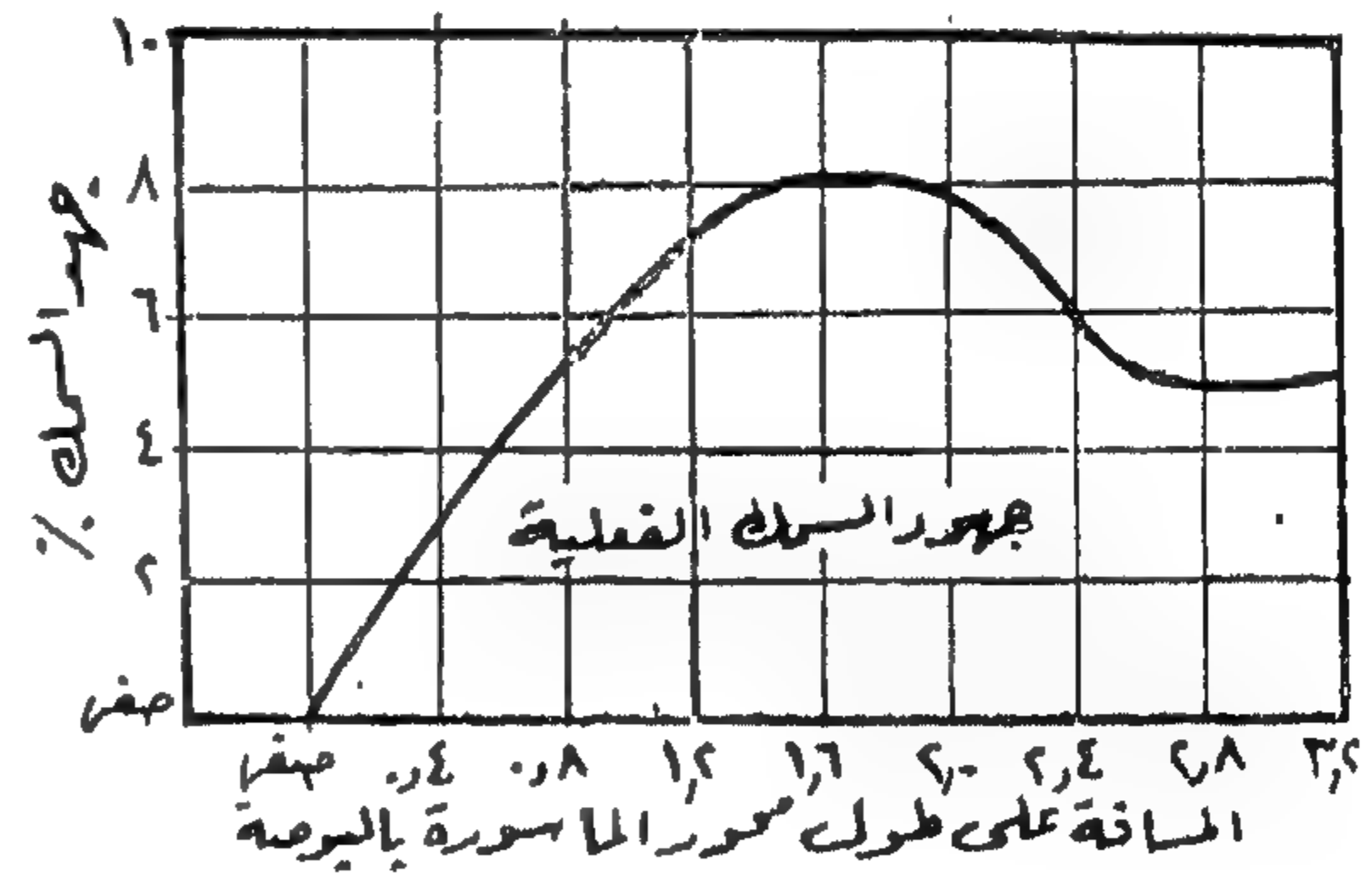
١٠ — تكون جهود الاستطالة موجبة ، أما جهود السمك فقد تكون موجبة أو سالبة تبعاً لنسبة سمك جدران المواسير إلى قطرها الخارجى ، وأيضاً تبعاً لمقدار التخفيض الحادث لمساحة مقطع المواسير أثناء السحب أو الضغط ، ويمكن تتبع طبيعة ما يحدث فى هذه النواحي من الأشكال التالية ، والتي تبين المقارنات بين النتائج النظرية والنتائج العملية لكل من عمليات السحب والضغط للمواسير فارغة .



شكل (٢١)



شكل (٢٢)

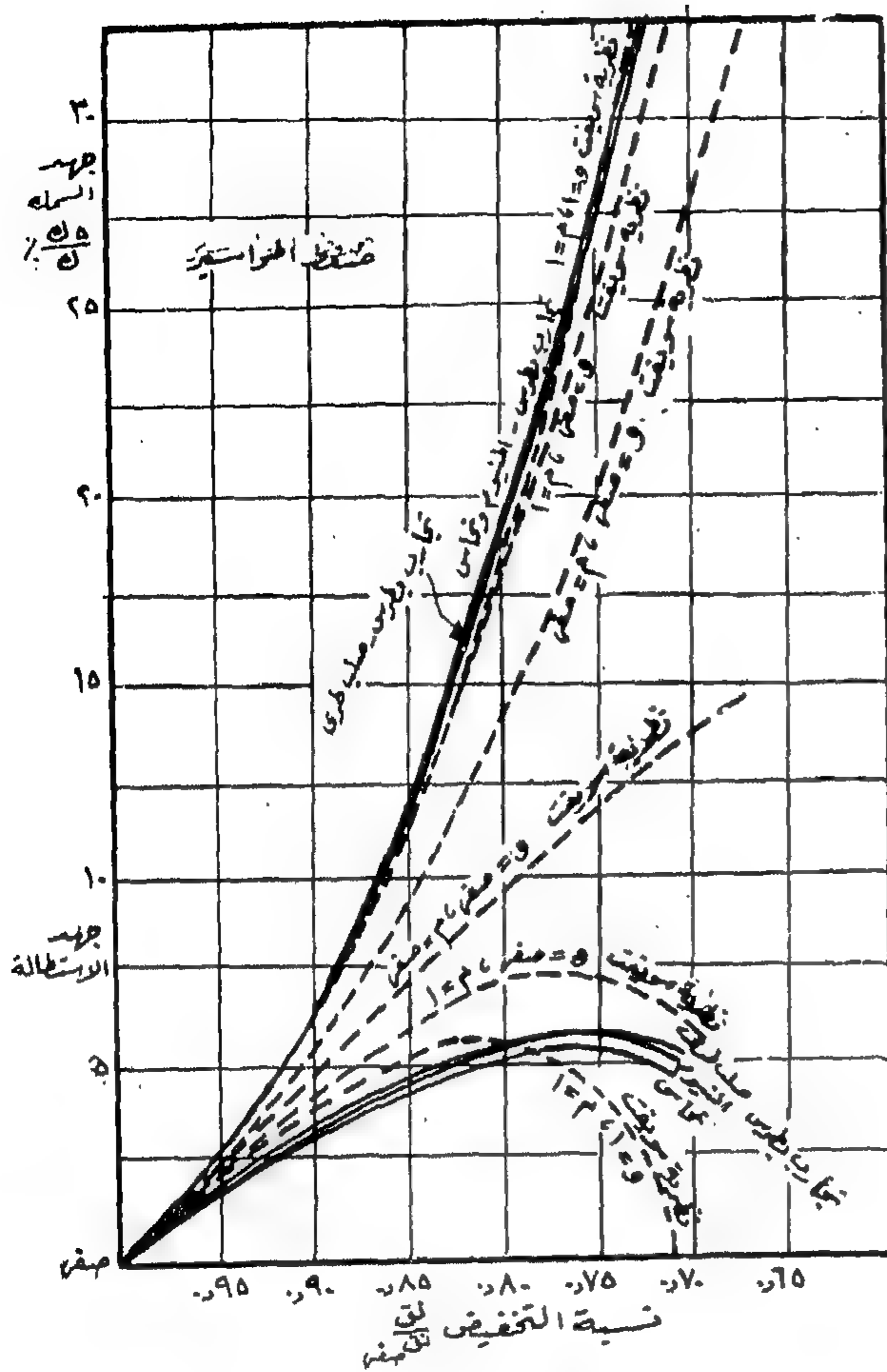


شكل (٢٢)

شكل (٢٢)

تبين الأشكال (٢١ ، ٢٢) مقارنة بين دراسات سوينفث النظرية لموضوع سحب و ضغط المواسير فارغة وبين نتائج التجارب العملية التي قام بها بطرس فى نفس هذا المجال ، وتوضح هذه الأشكال العلاقة بين كل جهود الاستطالة والسمك ونسبة التخفيض فى نصف قطر المواسير .

يلاحظ من هذه الأشكال اتفاق منحنيات التجارب العملية فى الشكل — عامة — مع النتائج النظرية وتتقارب



ويبين شكل (٢٣) هذه الحالات الثلاث ومنها يتضح أن $\alpha = \frac{1}{4} \alpha$ (٤) هي زاوية الإسطمية في الحالة الأولى) وفي الحالة الثانية تكون $\alpha < \theta$ أما في الحالة الثالثة فتكون $\alpha > \theta$.

وينصب التحليل الحالي على الحالة الأولى وهي الحالة الأكثر احتمالاً مع المواسير ذات السمك التجاري المتوسط.

عند دخول الجزء الصغير المبين بالشكل إلى فتحة الاسطمية يتغير شكله بالقص وينبعج بالزاوية α ($\alpha = \theta$) وعندما يترك هذا الجزء عنق الاسطمية يعود وينبعج في عكس الاتجاه الأول بنفس الزاوية.

$$\text{عند فتحة الدخول يكون إجهاد مقاومة المعدن لعامل القص ض} = \frac{\text{تصفر}}{2}$$

حيث تصفر هو إجهاد احتمال المعدن للشد وتكون وحدة القدرة اللازمة لحدوث هذا النقص = ض طا θ لوحدة الحجم للجزء الذي عرضه Δ س . (مع إهمال أى زيادة في صلادة المعدن مؤقتاً) .
وتكون القدرة اللازمة لانبعاث الحلقة بكاملها =

$$\left. \begin{array}{l} \text{نوع صفر} \\ \text{ض} \cdot \text{طا} \cdot \alpha \cdot \text{س} \cdot \text{ط} \cdot \text{نوع} \cdot \text{نوع} \cdot \text{نوع} \end{array} \right\} \text{نوع د}$$

$$= \text{طا} \cdot \frac{\alpha}{4} \cdot \text{تصفر} \cdot \text{ط} \cdot (\text{نوع}^2 \text{صفر} - \text{نوع}^2 \text{د}) \cdot \text{س} \cdot \text{نوع}$$

وإذا كانت قوة السحب اللازمة للتغلب على انبعاج القص تساوى نوع صفر

$$\therefore \text{نوع صفر} \cdot \text{س} \cdot \text{طا} \cdot \frac{\alpha}{4} \cdot \text{تصفر} \cdot \text{ط} \cdot (\text{نوع}^2 \text{صفر} - \text{نوع}^2 \text{د}) \cdot \text{س} \cdot \text{نوع}$$

$$\therefore \text{نوع صفر} = \text{طا} \cdot \frac{\alpha}{4} \cdot \text{تصفر} \cdot \text{ط} \cdot (\text{نوع}^2 \text{صفر} - \text{نوع}^2 \text{د})$$

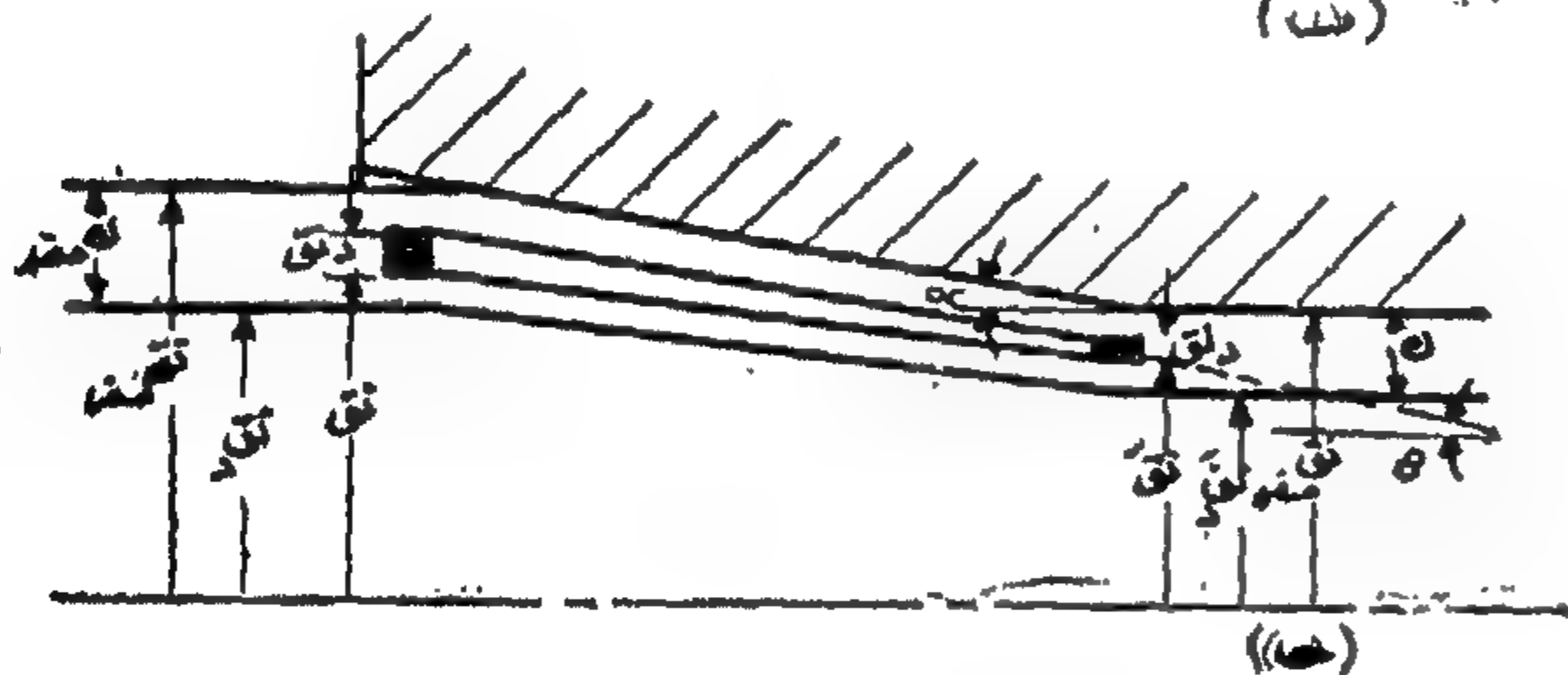
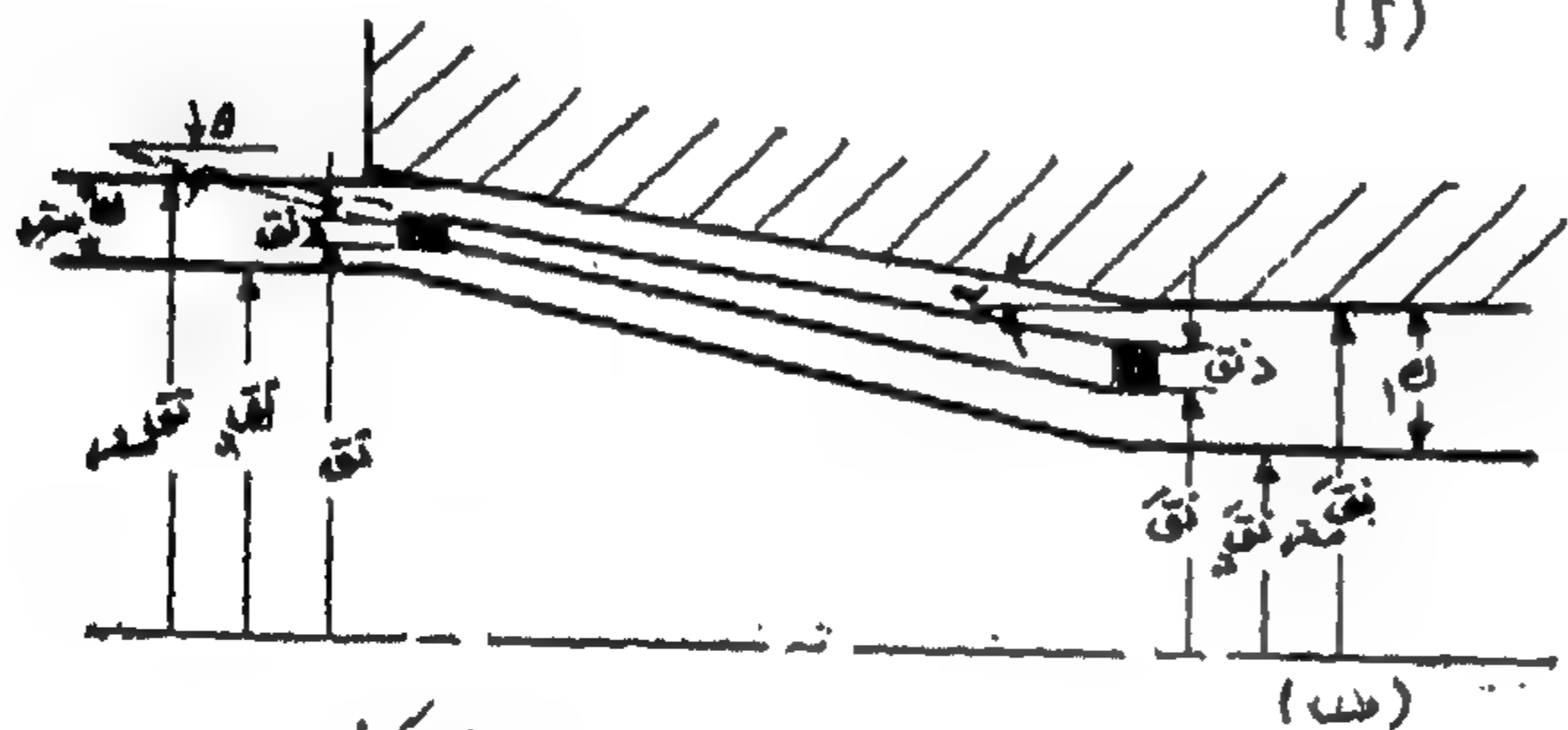
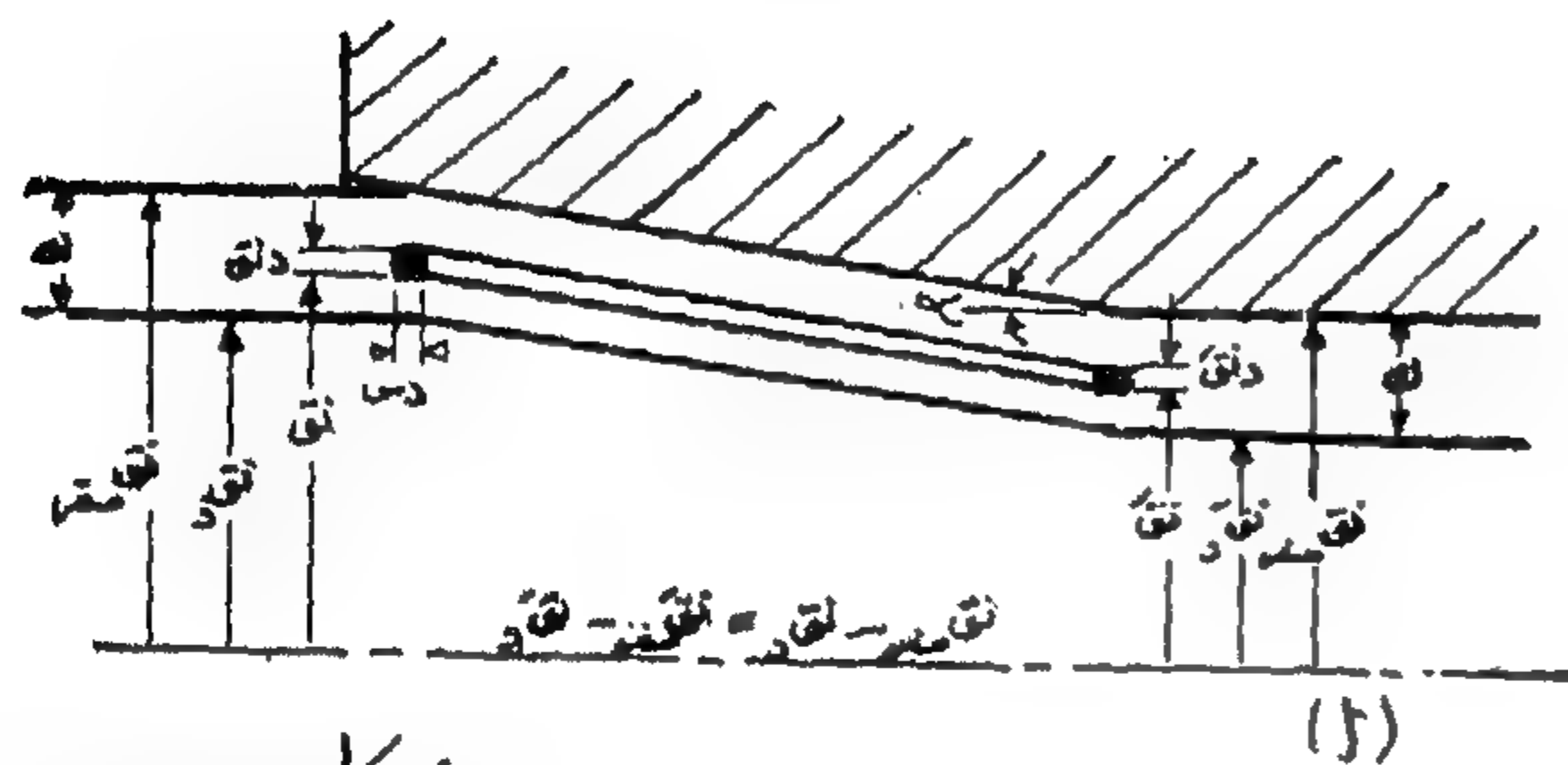
وبنفس الطريقة يمكن القول بأن

$$\text{نوع} = \text{طا} \cdot \frac{\alpha}{4} \cdot \text{ت} \cdot \text{ط} \cdot (\text{نوع}^2 \text{صفر} - \text{نوع}^2 \text{د})$$

حيث ت تساوى إجهاد السياب المعدن بعد سحبه من الاسطمية :

$$v = v_{\text{صفر}} + \frac{\alpha \cdot \tau}{\epsilon} = 20 \cdot \left(\text{تصفر} (v^2 - v^2_{\text{صفر}}) + \text{ت} (v^2_{\text{صفر}} - v^2_{\text{د}}) \right)$$

$$= \text{ط تصفر} \cdot \left(\frac{\epsilon}{2} - \text{تصفر} \right) \cdot \alpha \cdot \tau \cdot \left(1 + \frac{\text{ت}}{\text{تصفر}} \right) \cdot \left(\frac{2}{\epsilon} - \text{تصفر} \right)$$



شكل (٢٣)

وكمثال لتطبيق القاعدة السابقة أخذت حالة المواسير ذات القطر الخارجى $\frac{1}{4}$ بوصة وذات الأسماك المتدرجة حتى $\frac{1}{4}$ بوصة وبفرض $\alpha = 15^\circ$ وفى حالة المواسير الصلب الطرى مع $\text{تصفر} = 35000$ رطل / البوصة المربعة . وأيضاً بأخذ قيم $\frac{\text{ت}}{\text{تصفر}}$ متدرجة بين ١ (وهى حالة عدم

إجراء أى سحب) حتى القيمة ١٧ والى تناظر قيمة $\text{ت} = 2000$ رطل / البوصة المربعة كما وجدت من منحنيات الجهد — الإجهاد التى حددت معالمها بالاختبار العالى على عينات من جدران المواسير وفى حدود الجهود المنتظرة لمر فى هذا المثال يساوى $\frac{1}{4}$ بوصة ، وهو نصف قطر عنق الاسطوانة المستخدمة فى سحب المواسير .

وتبعاً للمعلومات السابقة أمكن رسم الخطوط البيانية الأربعة للنظرية المعدلة (حسب تعديل المؤلف بطرس) والمبينة بالشكل (٢٤) والتى تبين العلاقة بين القوة ت وسمك جدران

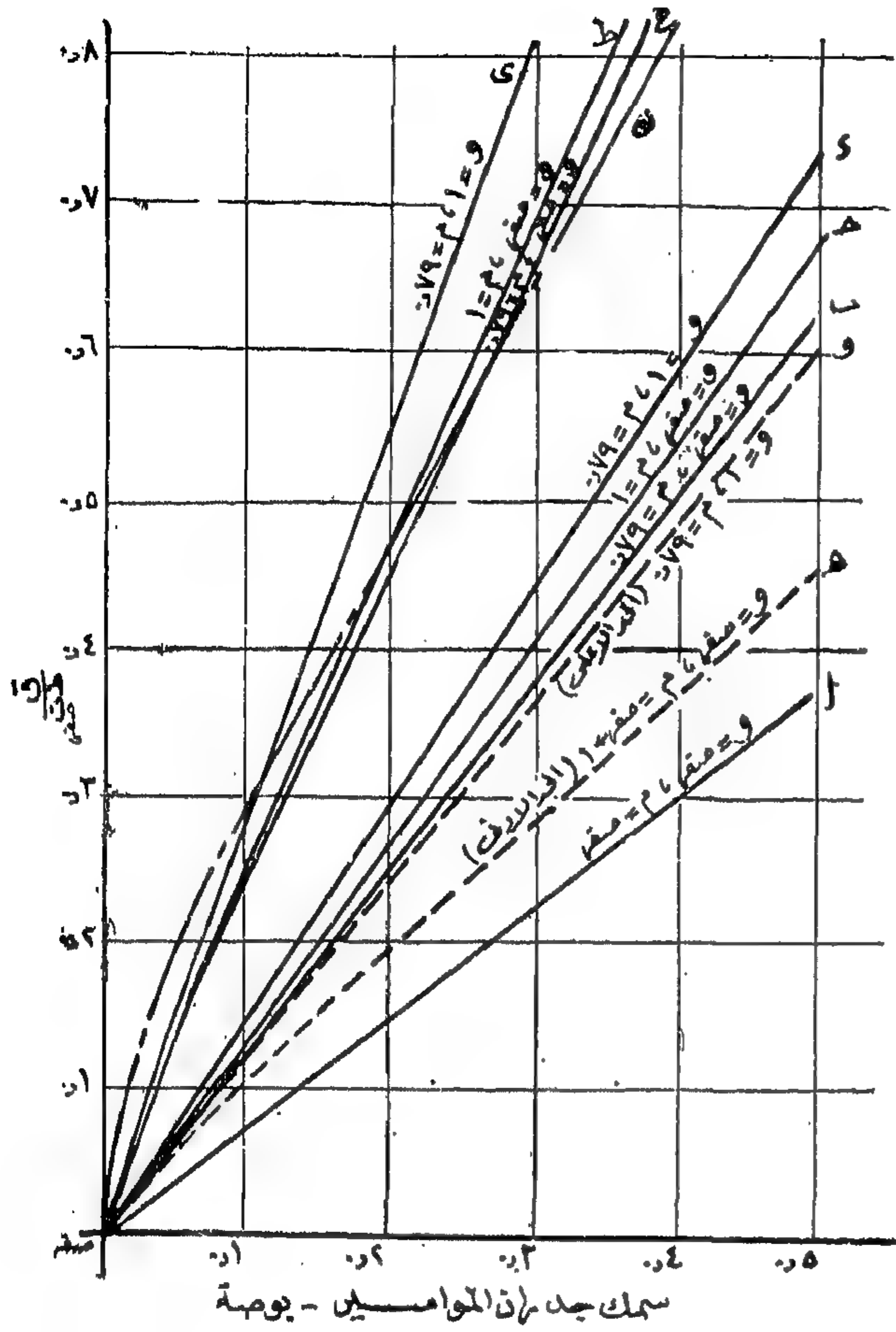
المواسير لمختلف قيم $\frac{\text{ت}}{\text{تصفر}}$. وينحصر المنحنى البيانى الفعلى للمواسير ذات السمك حتى $\frac{1}{4}$ بوصة بين هذه الخطوط

السابقة (بين المنحنيين البيانيين للقيمة $\frac{\text{ت}}{\text{تصفر}} = 1, 17$) .

ويقترّب من المنحنى الأول للمواسير رفيعة الجدران ومن المنحنى الثانى للمواسير سميكة الجدران وفى بعض حالات السمك الخاصة والتى يصل فيها زيادة الصلادة أقصى قيمها بسبب شدة تأثير التشكيل الواقع عليها ويتبع المنحنى البيانى الممثل للقوة —

السمك الخط البيانى الأخير ، أى الممثل للقيمة $\frac{\text{ت}}{\text{تصفر}} = 17$ ويستمر يتبعه بعد ذلك .

وحتى يمكن مقارنة النظرية بعد تعديلها والنتائج العملية يجب إضافة الخط البيانى الأخير إلى خطوط نظرية سويفت البيانية .



شكل (٢٤)

مع نسب تخفيض مختلفة في مساحة المقطع ونظريات كي المواسير لكل من ساخس وسويفت وبترس والسابق مناقشتها .

وكان المتبع أولاً للمقارنة بين النظريات ونتائج التجارب العملية أن تحدد قيم معامل الاحتكاك μ بحيث تتطابق الخطوط البيانية . وكما سبق القول قام المؤلف (بطرس) بقياس وتحديد القيم الفعلية لمعاملات الاحتكاك عملياً وذلك لمختلف المعادن ووجد أن قيم μ أثناء كي المواسير وكما سبق ذكره ، حوالي ١٠٣٠ للصلب الطرى ، ١٠٣٠ للأنميوم . واستخدمت هذه القيم حالياً في المقارنات السابقة ذكرها بشكل ٢٥ .

تبين الخطوط البيانية أن نظرية ساخس تعطي قيماً لنسب إجهاد الكي أقل بكثير من مثيلاتها للتجارب العملية .

في شكل (٢٤) تبين الخطوط (١ ، ب ، ج ، د) نظرية سويفت الأساسية لقيم μ ، م المختلفة (والقي تمثل الاحتكاك والصلادة كما سبق إيضاحه عن التكلم على هذه النظرية) .

وتبين الخطوط ه ، و التعديل الأخير المقترح من المؤلف بطرس بسبب تأثير عوامل قص المعدن .

وبإضافة المجموعتين السابقتين نحصل على الخطوط النهائية للنظرية وهي ح ، ط ، ي .

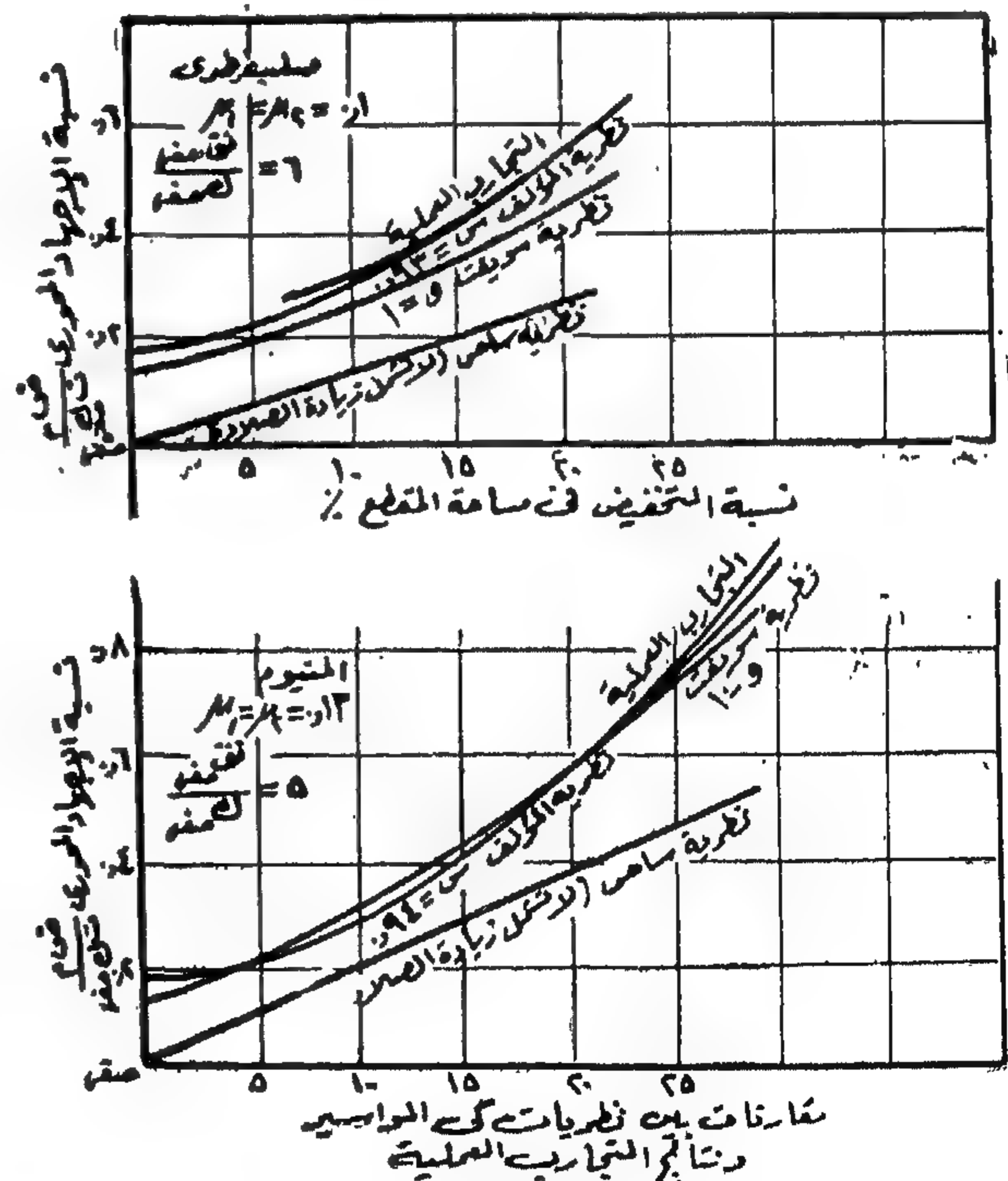
أما الخط البياني ك فيمثل التجارب العملية للمؤلف .

ومن الشكل يمكن استنتاج تطابق النظرية المعدلة والتجارب العملية إلى حد كبير .

مقارنات بين مختلف الدراسات النظرية ونتائج

التجارب العملية لكي المواسير :

يبين شكل (٢٥) مقارنات بين نتائج التجارب العملية لكي كل من المواسير الألمنيوم والصلب الطرى



شكل (٢٥)

والسبب الرئيسى فى ذلك يرجع إلى اعتماد نظرية ساخس فى تحليلها على قواعد الجهد المستوى ولذلك أهمل أبعاد المواسير وتأثيرها على الإجهادات الحادثة . فنجد أن الخط البيانى يستخدم لآى مقاس أو أبعاد المواسير طالما بقى مقدار التخفيض فى سمك الجدران ثابتاً ، كذلك أهمل ساخس تأثير زيادة صلادة المعدن عند التشكيل وأيضاً تأثير ثنى الجدران بالقص عند كل من مدخل ومخرج الاسطحة والسابق تحليله . ومن نتائج تطبيق قواعد الجهد المستوى فرض تساوى معدلات الضغوط على سطحي الماسورة الداخلى والخارجى هذا الفرض الذى ثبت عدم صحته فى أحوال المواسير السمكية عند تحليل نظرية المؤلف بطرس .

وبالرغم من استخدام سويفت لمبادئ الجهد المستوى فى تحليله لنظرية الكى ، إلا أنه أدخل فى حسابه زيادة الصلادة وأيضاً تأثير ثنى الجدران بالقص . وكان من اللازم أيضاً فرض قيم لكل من معامل الاحتكاك والمعامل الدال على زيادة الصلادة .

ولقد فرض جميع البحوث السابقين قيمة للمعامل (و) الدال على الصلادة ، تساوى وحدة واحدة . وهى نفس القيمة التى استخدمت فى مجموعة الخطوط البيانية بالشكل السابق .

ومن المقارنة بين نظرية سويفت والتجارب العملية للمواسير الألمنيوم ، يلاحظ تطابق هذه النتائج لقيم التخفيض متوسط القيمة ، ولكنها تتباعد مع التخفيضات التى تزيد عن حوالى ٢٥ ٪ هذا الاختلاف كان متوقعاً مع استخدام نظرية تعتمد فى أساسها على الجهد المستوى .

أما بالنسبة للمواسير الصلب فلقد كان الفرق كبيراً كما أن الفرق يزداد مع نسب التخفيض الكبيرة كما وجد الحال مع المواسير الألمنيوم . ويصح القول بأن العامل الرئيسى فى عدم تقارب الخطوط البيانية للمواسير الصلب هو أن قيمة (و) المختارة غير مناسبة .

أما بالنسبة للنظرية الجديدة للمؤلف (بطرس) فلقد أثبتت المقارنات عدم تساوى معدلات الضغوط على سطحي الماسورة الداخلى والخارجى (س = ٩٣ ر . لمواسير الصلب ، س = ٩٤ ر . للمواسير الألمنيوم) كما هو واضح بالشكل (٢٥) . ومن المقارنات الكثيرة الأخرى التى أجريت بين هذه النظرية والنتائج العملية المختلفة أمكن تحديد قيم س المناسبة بين ٨٨ ر . ، ٩٥ ر . ، وأن احتمال وجود س = ١ أى تساوى الضغطين الخارجى والداخلى لا يحدث إلا باعتبار التشكيل حالة جهد مستوى ، وهى الحالة السابق القول بأنها لا تناسب عمليات سحب المواسير .

كذلك يبين شكل (٢٦) المقارنات التى أجريت بين نظرية المؤلف والنتائج العملية التى حصل عليها نفس المؤلف (بطرس) من تجارب كى المواسير مع استخدام مواد تزيد متعددة .

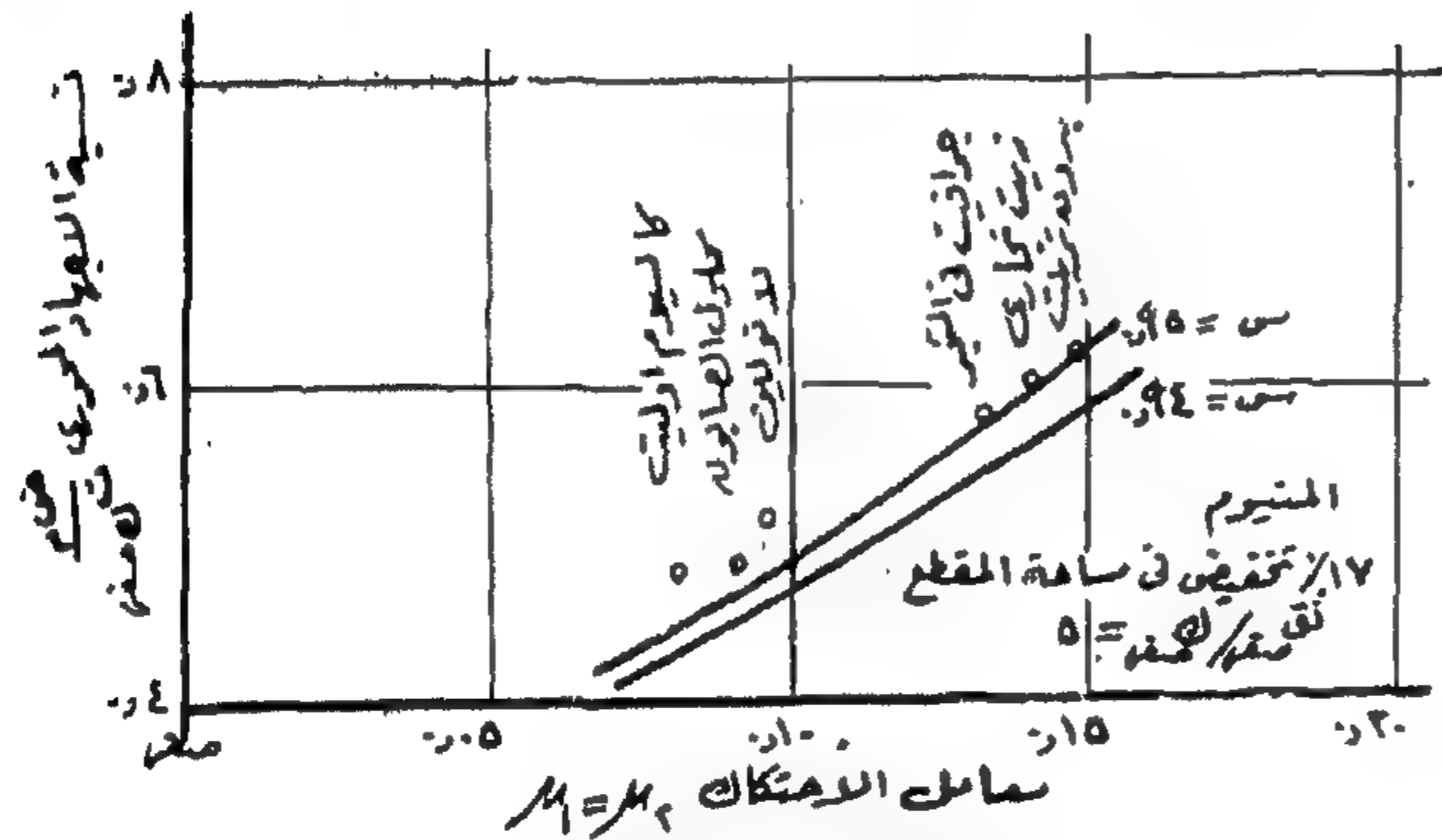
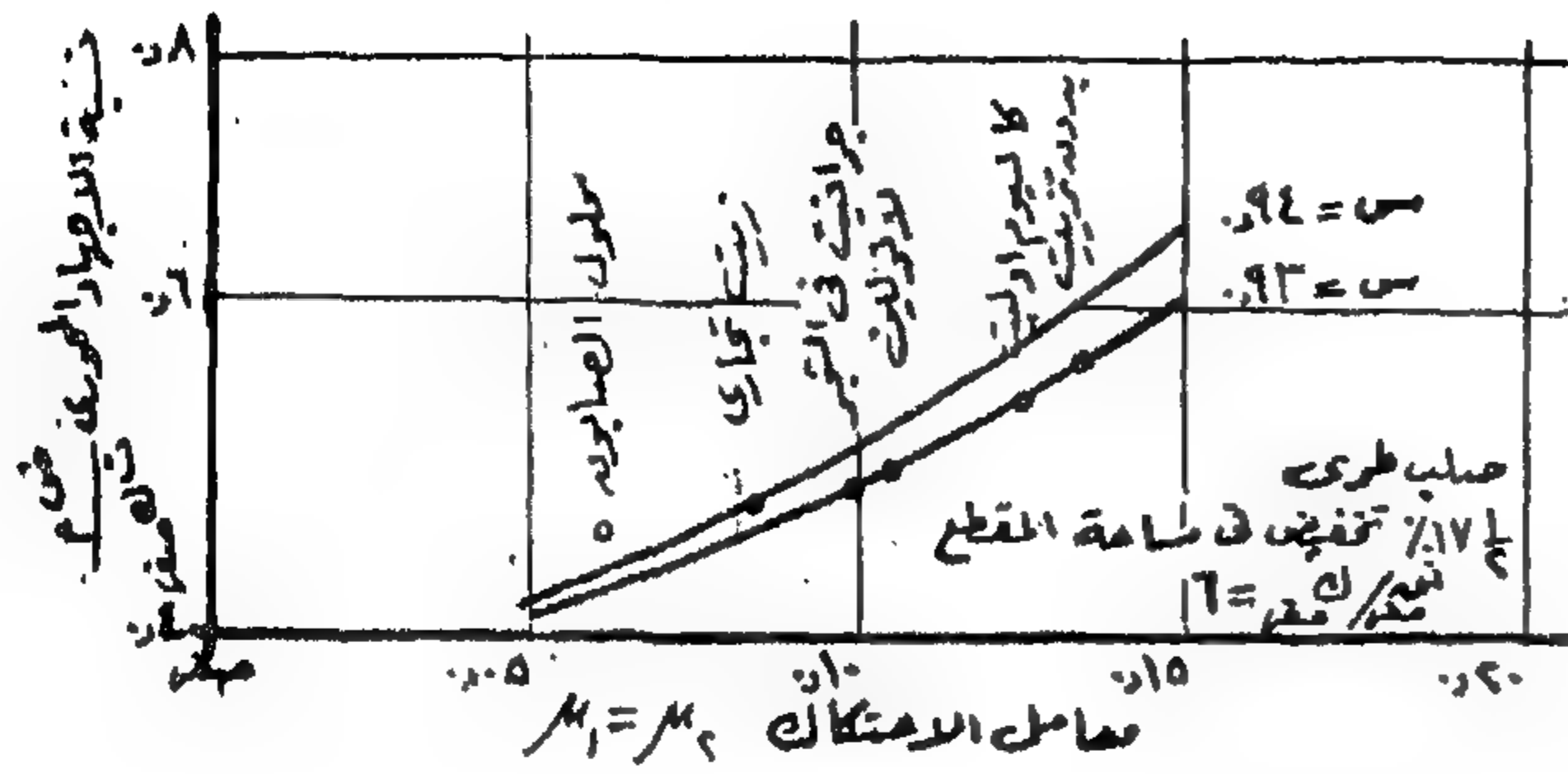
ويتضح من الشكل تطابق النتائج لقيم س المحصورة بين نفس القيم السابق ذكرها .

من هنا يتضح أهمية قيم (س) وأن هذا العامل يعتبر من أهم العوامل المؤثرة على نتائج السحب بينما يقل تأثير معامل الاحتكاك نسبياً .

ومن ناحية أخرى يبين شكل (٢٥) أن العلاقة بين معدلات الضغوط المحورية والنسبة المئوية فى التخفيض فى مقطع المواسير غير خطية ، وأنها لا تمر بنقطة الأصل عند مدنها . وتتفق فى هذه الناحية كل من النتائج العملية والنظرية .

ومع التسامح عن الفروق البسيطة بين نسب $\frac{\text{لحم صفر}}{\text{لحم صفر}}$ ومعاملات الإحتكاك للمعدنين تحت الاختبار يمكن القول بتطابق

الخطوط البيانية .



مقارنات بين نظرية المؤلف ونتائج تجاربه في كي المواسير

شكل (٢٦)

التفاضلية اللازمة لهذه العملية ثم تكاملها لبعض الحالات الخاصة علماً بأن هذه الطريقة البسيطة لم تكن مناسبة لإيضاح تأثيرات جميع المتغيرات الموجودة فعلاً .

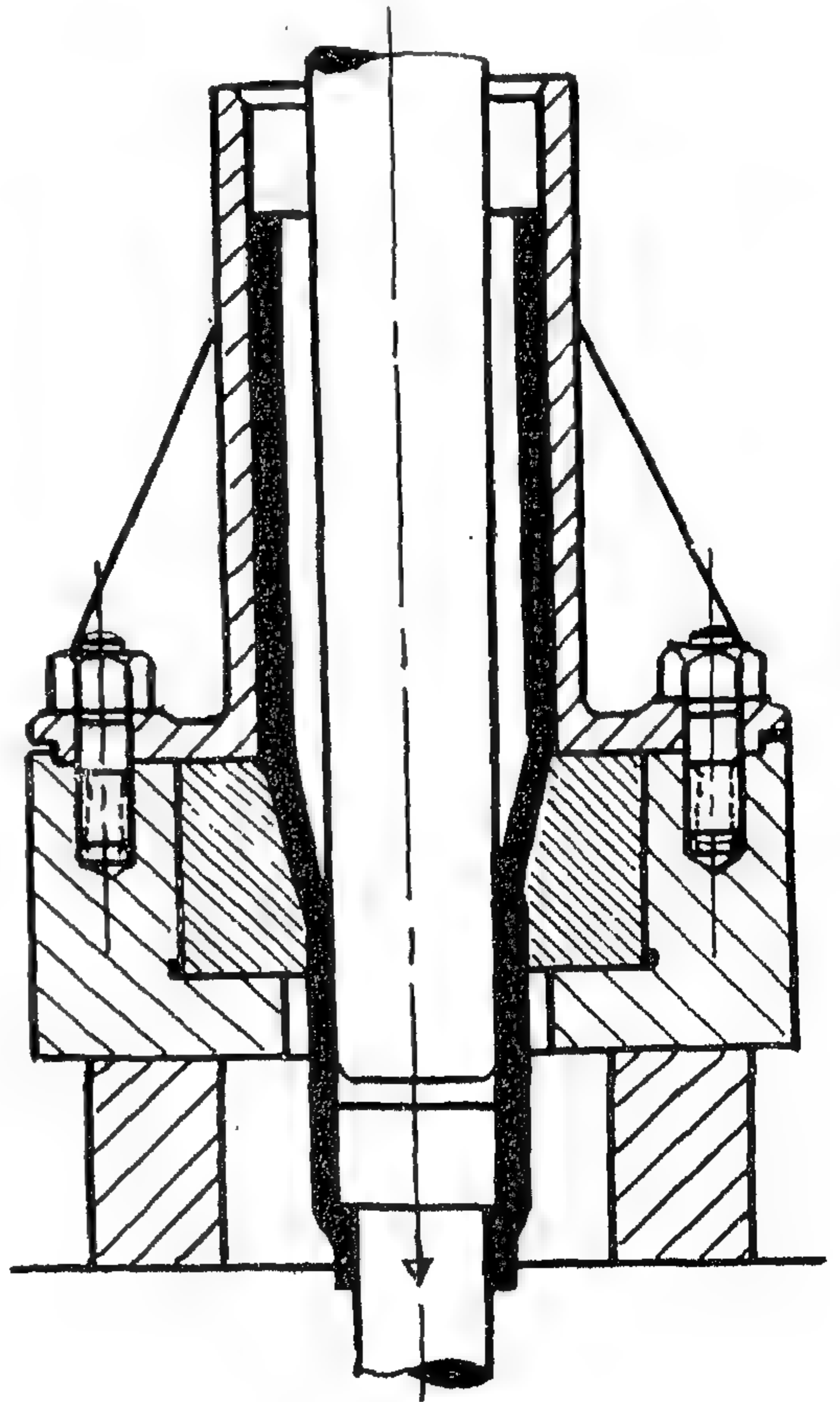
مثال ذلك أنه لوحظ أثناء بعض التجارب العملية على دانات المدافع أن مقدار التخفيض في مساحة المقطع والذي يمكن إتمامه في عملية سحب واحدة تتراوح ما بين ٣٠ وأكثر من ٩٠٪ تحت عوامل معينة ، بينما يضيق هذا الفرق الكبير في حدود إمكانيات السحب ليصبح حوالى ٧٥٪ ± ٣٪ فقط لبعض تجمعات المتغيرات الأخرى (٢). ومن الطبيعي أن يكون من اللازم أن تشمل النظرية هذه التأثيرات السابقة .

ولقد أوضحت نظرية السحب البسيطة والسابق تحليلها بأن هذه المعادلة التفاضلية لقوى السحب المحورية والضغط نصف القطرى .

سحب المواسير مع استخدام دليل متحرك :

تتميز هذه العملية بمعناها العميق ، بينما ينحصر استخدامها في القليل من مجالات تصنيع المواسير غير المدحومة إلا أنها تكون جزءاً كبيراً هاماً من عمليات سحب دانات المدافع (٣١) وظروف المفرقات وإعادة السحب أو السكى على الأجسام الوعائية .

ومن الناحية النظرية يمكن استنباط المعادلة



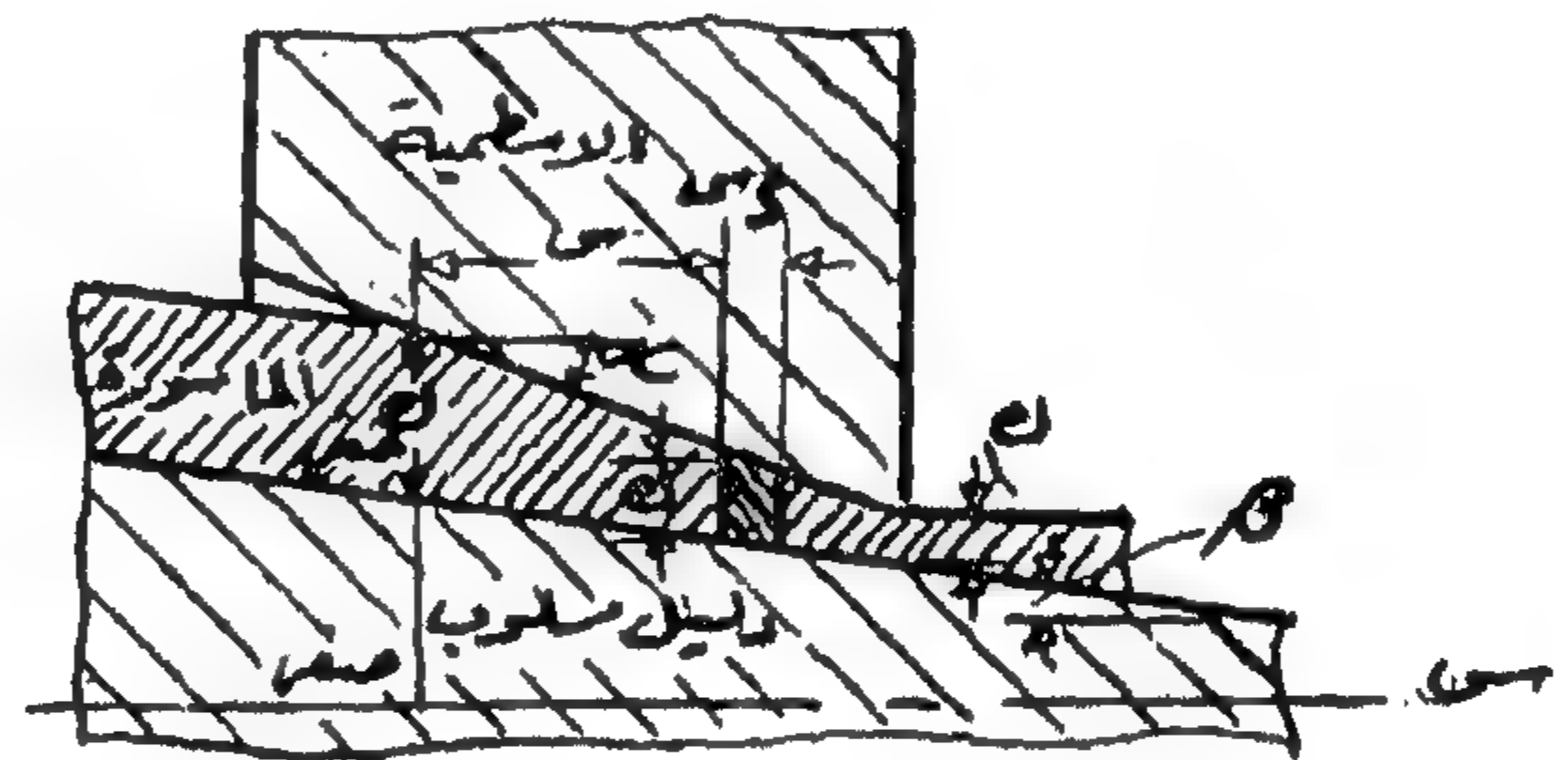
سحب المواسير بالدليل المتحرك

شكل (٢٧)

وتظهر كل من الأسطحة والدليل بسلبية مستقيمة ، ولكن ثبت إمكان تطبيق التحليل التالى لأى شكل آخر من أشكال أدوات السحب .

اعتبر قطعة صغيرة من الماسورة في اتجاه عمودي على الاتجاه المحوري ، وعلى بعد (س) من نقطة ابتداء التلامس بين الماسورة والأسطوانة . افرض أن سلبية الأسطوانة والدليل (أنصاف زواياها) عند هذه النقطة هي α ، β ، وأن معاملات الاحتكاك μ_1 ، μ_2 على الترتيب ، وأن سمك جدار الماسورة ك .

وفي حالة المواير الرفيعة الجدران يمكن إعتبار أن قطعة الماسورة لها وحدة عرض واحدة في اتجاه متعامد مع سطح الورقة .



سحب المواسير بدليل متحرك مسلوب

مشکل (۶۹)

شکل (۶۸)

ويبين شكل ٢٩ القوى المؤثرة على قطعة الماسورة تحت الدراسة .

وفي حالة المواسير رفيعة الجدران يمكن إهمال القوى المحيطية وكذلك يمكن الفرض بتساوي الضغوط العمودية على كل من الأسطح الملامسة للاسطمبة والدليل كما تظهر بالشكل ٢٩ كما نفرض أن الإجهادات على كل الجوانب إجهادات أسامية مما يفرض معه بأن قيم α ، β صغيرة لذلك فإن دقة المعادلات تقل كلما زادت زوايا ميل أسطح الاسطمبة والدليل وبالأخص إن كان الفرق بينهما كبير . وبعد تحليل المعادلات التفاضلية ثم تسكاملها يمكن الحصول على المعادلة :

$$\left(\begin{array}{c} \text{ض}^2 \\ \text{ض}^1 \end{array} \right) = \text{ض}_2 = \text{ض}_1 \left(\begin{array}{c} \text{س} \\ \text{صفر} \end{array} \right)$$

$$\mu_2 = \mu_1 + \beta a - \alpha b \quad \text{حيث } \beta =$$

ومع استخدام نظرية تريسكا (نظرية أقصى إجهاد قص) ، ويمكن الحصول على المعادلة .

$$(١) \quad \text{ض } s = \text{ت لـ صفر} \left[\frac{1}{\text{صفر}} \right] \text{ض } s (\alpha \text{ طا} - \beta \text{ طا} + \mu_1 - \mu_2) \text{ض } s \text{ ————— } (١)$$

ولقد استخدمت طرق فرض التحمين المستمر في طبيعة توزيع الضغط للوصول إلى حل المعادلة السابقة .
وكمثال — نأخذ حالة المعدن الذي يفرض فيه عدم زيادة الصلادة أثناء التشكيل مع سحبه خلال اسطوانات مسلوقة ،
مع دليل بدون عملية .

في هذه الحالة تكون كل من α و β و μ_1 و μ_2 ذات قيمة ثابتة ومن شكل (٢٨) ينتج أن :

$$\text{لـ} = \text{لـ صفر} - s (\alpha \text{ طا} - \beta \text{ طا}) = \text{لـ صفر} - s \cdot d$$

$$\text{حيث } d = \alpha \text{ طا} - \beta \text{ طا}$$

ومنها يمكن كتابة المعادلة الأولى (١) لقيمة ض s . بالصورة .

$$\text{ض } s = \text{ت لـ صفر} \left[\frac{b}{\text{لـ صفر} - s \cdot d} \right] \text{ض } s \text{ ————— } (٢)$$

وفي حالة معدل إجهاد انسياب ثابت ، ت لـ صفر ، وعدم تعرض الماسورة لسحب خلفي ، فإن الضغط يتدرج من
ت لـ صفر عند ب = صفر حتى صفر عند قيمة س = ب . لـ صفر ، كما هو واضح من المعادلة (٢) .

وكتقريب أول ، ض ١ يمكن اعتبار توزيع ض ١ مستقيماً ، والذي يحقق المعادلة السابقة (٢) للقيم س = صفر و
س = ب لـ صفر .

ومعادلة هذا الخط المستقيم هي :

$$(٣) \quad \frac{\text{ض } ١}{\text{ت لـ صفر}} - ١ = \frac{s}{b \cdot \text{لـ صفر}}$$

والتي يجب فيها حساب قيمة المقدار اللابت ب ١ تبعاً للمعادلة (٢) .

ويكون ذلك بالتعويض في المعادلتين (٣) و (٢) ثم الحل لإيجاد الثابت ب ١ . ومنها ينتج أن

$$(٤) \quad \frac{2}{b + 2d} = b \text{ ————— } (٤)$$

وعلى ذلك تكون العلاقة الخطية المستخدمة كتقريب أول هي :

$$\frac{\text{ض } ١}{\text{ت } ١ \text{ صفر}} = ١ - \frac{\text{س (ب + د)}}{٢ \text{ ل } \text{صفر}} \quad (٥)$$

ويبين شكل (٣٠) هذه العلاقة مع فرض الآتي :

$$\alpha = ١٠^\circ \quad (\text{طا} = ٠.١٧٦) \quad \mu \text{ ك} = \text{صفر}$$

$$\mu_١ = ٠.١٥ \quad \mu_٢ = ٠.١٠$$

$$\text{ك ب} = \text{طا} - \alpha = \mu_٢ - \mu_١ + \beta = ٠.٢٢٦$$

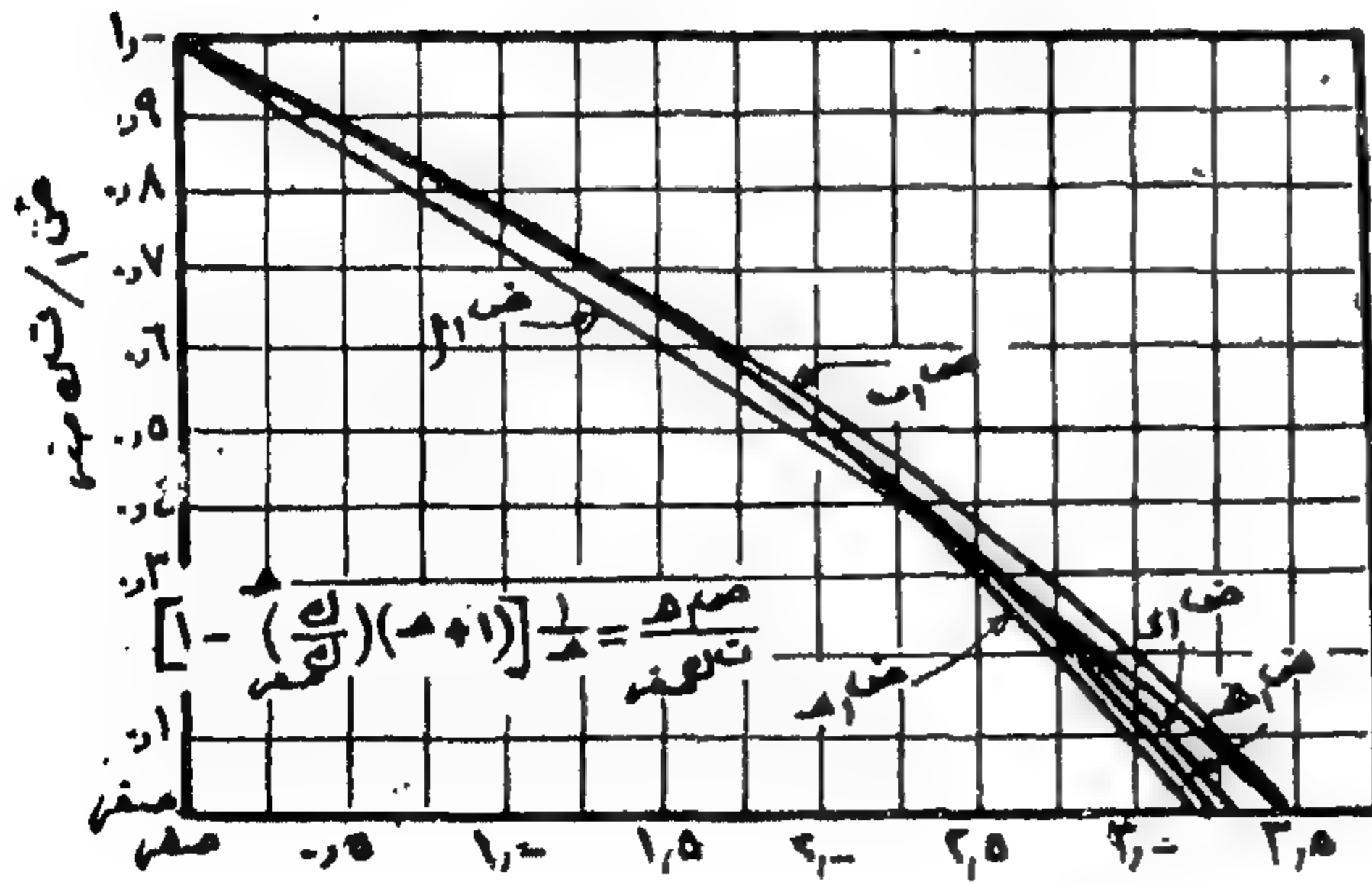
$$\text{ك د} = \text{طا} - \alpha = \beta = ٠.١٧٦$$

ومن معادلة التقريب الأولى تصبح

$$\frac{\text{س}}{٣.٤٤ \text{ ل } \text{صفر}} - ١ = \frac{\text{ض } ١}{\text{ت } ١ \text{ صفر}} \quad (٦)$$

ومعادلة التقريب الثاني يمكن الآن الحصول عليها من المعادلة (٢) ، وذلك بالتعويض عن ض ١ بالقيمة ض ١

$$\therefore \frac{\text{ض } ١ \text{ ب}}{\text{ت } ١ \text{ صفر}} = ١ - \frac{٠.٢٢٦}{\text{ل } \text{صفر} - ٠.١٧٦ \text{ س}} \quad \text{و س} \cdot \frac{\text{ض } ١}{\text{ت } ١ \text{ صفر}} \quad (٧)$$



ويمكن حل هذه المعادلة بالرسم والنتيجة كما هو

مبين بشكل ٣٠. يتكرر العمل بعد ذلك بوضع ض ١ في المعادلة ٧ والحصول على ض ١ وهكذا حتى نحصل على توزيع للضغط يحقق معادلة التوزيع بدرجة الدقة المطلوبة . وفي المثال الحالي أمكن الوصول إلى درجة الدقة المطلوبة بعد خمسة عمليات تقريب متتالية والتي تظهر نتائجها بالشكل ٣٠ .

شكل (٣٠)

REFERENCES

1. J. J. Guest.—“On the strength of ductile materials under combined stress” — 1900 — Phil. Magazine, Series 5, Vol. 50, p. 69.
2. H. W. Swift.—“Plastic flow in metals” — 1940 — the Metal Industry, Vol. LVI, No. 5, p. 127, No. 6, p. 149, No. 7, p. 173.
3. C. Zener and J. H. Holloman.—“Plastic flow and rupture of metals” — 1944 — T.A.S. for metals, Vol. 33, p. 163.
4. J. L. M. Morrison. — “The criterion of yield of gun steels” — 1948 — Proc. of the Inst. of Mech. Engineers, Vol. 159, p. 81.
5. H. W. Swift. — “Stresses and strains in tube drawing” — 1949 — the Phil. Magazine, Series 7, Vol. XI, p. 883.
6. B. M. Botros. — “Hollow Drawing and sinking of tubes” — 1950 — M. Eng. thesis Sheffield University. Also “Progress Report on Measurement of Strain in Drawn and Sunk Tubes” — B.I.S.R.A. Report MW/E/41/49.
7. G. Sachs. — “A theory of tube drawing — 1942” — The Modern Industrial Press. Vol. IV No. 5, pp. 26/28.
8. W. S. Knowles and H. W. Swift. — “Ironing of metal cups; Effects of die angle and wall thickness” — 1946 — The Inst. of Auto. Engineers. Report No. 1946/R/3.
9. G. C. Briggs and H. W. Swift. — “Ironing of thick walled cups”—1947—18th M.I.R.A. Report on Work in Sheffield University.
10. H. Ford. — “Researches into the deformation of metals by cold rolling” — 1948 — Proc. Inst. Mech. E., London, Vol. 159, p. 115.
11. S. Y. Chung. — “The mechanism of deep drawing” — 1950 — Ph. D. Thesis — Sheffield University.
12. R. N. F. Lawe and H. W. Swift, “Ironing of Mild Steel Cups”, 1945, the Inst. of Auto. Engineers. Report No. 1945/R/3.
13. H. Ford, “The Role of Friction in Metal Working Processes”, 1954, Symposium on Metal Working Oils. Part II: Metal Forming. Journal of the Inst. of Petroleum, Vol. 40, pp. 291-294.
14. F. P. Bowden and D. Tabor — “The Friction and Lubrication of Solids”, 1950, Oxford, Clarendon Press.
15. P. G. Forrester. — “Kinetic Friction In or Near the Boundary Region”, 1946, Proc. Roy. Soc. A 187, p. 439.
16. G. D. Maclellan. — “Some Friction Effects In Wire Drawing”, 1952, J. Inst. Met., Vol. 81, p. 1.
17. H. Ford and F. Ellis. — “Cold Rolling With Strip Tension”, 1952, J. Iron and Steel Inst., Vol. 171, p. 239.

18. H. G. Baron and F. C. Thompson. — "Friction In Wire Drawing", 1950, J. Inst. of Metals, Vol. 78, p. 415.
19. A. B. Watts and H. Ford. — "An Experimental Investigation of The Yielding of Strip Between Smooth Dies", 1952, Proc. Inst. Mech. Engrs., London B.I. No. 10, p. 448.
20. J. G. Wistreich. — "Experimental Investigation of the Mechanics of Wire Drawing", 1953, B.I.S.R.A. Report MW/D/66/53.
21. H. Majors. — "Effect of Sequence on the Coefficient of Friction in Cold Drawing Low Carbon and 2 S-O Aluminium Rods (Part III), 1954, A.S.M.E. Paper No. 54-A-114.
22. G. Espey and G. Sachs, "Experimentation on Tube Drawing with a Moving Mandrel, 1947, J. of Applied Mechanics, Vol. 14, No. 2, pp. A/81-A/87.
23. H. W. Swift and G. C. Briggs. — "Bending and Friction Over the Die Radius" 1947, 17th Report on Work at Sheffield University.
24. B. M. Botros, "Theory and Experiments on Tube Ironing, including the Determination of μ ", Ph.D. Thesis, Sheffield University, 1956.
25. G. Sachs and G. Espey. — "Strength Distribution in Sunk Brass Tubing" — 1942 — T.A.I. For Mining and Metallurgical Engineers. Inst. of Metals Div. pp. 67-74.
26. W. M. Baldwin and T. S. Howard. — "Dimensional Changes Encountered In Tube Sinking" — 1944 — T.A.S. of Metals. Vol. 33, p. 88.
27. G. Sachs and W. M. Baldwin. — "Stress Analysis of Tube Sinking" — 1946 — T.A.S. M.E. Vol. 68, p. 655.
28. G. Sachs and W. M. Baldwin. — "Folding In Tube Sinking" — 1946 — T.A.S.M.E. Vol. 68, p. 647.
29. G. C. Briggs and H. W. Swift. — "Pressure Sinking of Cups and Tubes" — 1944 — The Inst. of Auto. Engineers. No. 1944/6.
30. W. G. Clark and H. W. Swift. — "Strains In Drawing and Sinking of Tubes" — 1945 — The Inst. of Auto Engineers. No. 1945/R/5.
31. (أ) صناعة دانات المدافع (١) مجلة المهندسين — يونيه ١٩٥٩ — صفحة ٥٩
(ب) صناعة دانات المدافع (٢) مجلة المهندسين — يناير ١٩٦٠ — صفحة ٦٠
32. G. Sachs and J. D. Lubahn. — "Drawing thin walled tubing with a moving mandrel through a single stationary die." — 1944 — T.A.S.M.E. Vol. 66, 1944.

مخلفات المصانع

للمهندسة زينة الشاذلي

- ٢ -

ولكنها لا تكون فعالة إلا بعد أن يتأكسد الحديد ثنائى التكافؤ Fe^{++} إلى الحديدىك ثلاثى التكافؤ Fe^{+++} ويتم هذا التأكسد فى وسط قلوئى (قيد حوالى ٩.٠) وتبلغ أقل جرعة ٣٥ - ٧٠ جزء فى المليون ومن المواد الأخرى شائعة الاستعمال كبريتات الحديدوز المضاف إليها الكلور ، حيث يقوم الكلور بدور العامل المؤكسد لكبريتات الحديدوز مكوناً فى النهاية خليطاً من كلوريد الحديدىك وكبريتات الحديدىك .

٢ - أملاح الألومنيوم : يمكن استعمال أملاح الألومنيوم كمادة مروية ولكن استعمالها يكاد يكون قاصراً على مياه الشرب فقط حيث إن استعمالها فى مياه المجارى لم يحقق كفاءة عالية كألاح الحديد نظراً لأن هيدروكسيد الألومنيوم أخف وزناً ومن ثم فإن سرعة الترسيب تكون أقل مما يتطلب مدة مكث كبيرة فى أحواض الترسيب .

٣ - أملاح الكالسيوم : قد يستعمل الجير (سواء جير حى CaO أو جير مطفى $Ca(OH)_2$) كمادة مروية إذا كانت المياه المطلوب تنقيتها تحتوى على مواد يستطيع الجير أن يرسبها . مثال ذلك المياه المحتوية على بيكربونات فإنها ترسب على هيئة كربونات كالسيوم عند إضافة الجير .

وقد تستعمل كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ لمعالجة بعض

ويساعد هذه العملية ويرفع من كفاءتها التقليل الهادئ لمدة تتراوح بين ٢٠ و ٦٠ دقيقة حيث تبين أن هذا التقليل يفيد فى الحصول على كتل كبيرة نسبياً ولكن يشترط ألا يكون هذا التقليل عنيفاً وإلا تحطمت هذه الكتل وعجزت عن أداء وظيفتها .

ويعطل عملية الترويب بل ويوقفها وجود مواد ذات رغاوى كالصابون والمواد المستعملة فى تنظيف الملابس (synthetic detergents) كالأومووتيرى ... الخ) .

المواد المروية :

١ - أملاح الحديد : تعتبر أملاح الحديد من أكثر المواد استعمالاً للمعالجة بالترويب لمياه المجارى والمياه المتخلفة من الصناعة نظراً لأن الرواسب الحديدية وزنها النوعى قليل مما يسهل عملية الترسيب .

والمادة المستعملة هى كلوريد الحديدىك $FeCl_3$ ويتم عملية الترويب فى وسط حامض (قيد أقل من ٧ ويستحسن أن يكون ٥) والمادة المروية التى تتكون بتفاعل كلوريد الحديدىك مع الماء هى إيدروكسيد الحديدىك $(Fe(OH)_3)$

وقد تستعمل أيضاً كبريتات الحديدوز $FeSO_4$

مع المادة الكيميائية مكونة مادة جديدة يسهل التخلص منها إما بالتطير أو بالترييب .

١ - التطير :

عند إضافة حامض قوى إلى متخلفات تحتوى على مادة السيانييد يتخلف عن ذلك غاز سيانييد الأيدروجين HCN يسهل التطير والذي يمكن التخلص منه بالتسخين أو النفخ بالهواء . وكذلك الحال بالنسبة للمخلفات التي تحتوى على الكبريتيد عند إضافة حامض إليها فإنه ينتج عن ذلك غاز كبريتيد الأيدروجين الذي يمكن طرده بنفس الطريقة سالفة الذكر أى التسخين أو التهوية .

٢ - الترييب :

(أ) المعادن الثقيلة : تحتوى متخلفات الصناعات المعدنية على كثير من أيونات المعادن الثقيلة كالحديد والنحاس والزنك والكاديوم التي غالباً ما تكون مصحوبة بأحماض يتطلب الأمر معادلتها بالقلويات . فإذا كانت المادة القلوية من القوة والكفاية بحيث ترفع درجة (ق يد) إلى ما بعد ٧ (أى حوالى ٨ أو ٩) فإن أغلب هذه المعادن الثقيلة يرسب على هيئة هيدروكسيدات أو أملاح قاعدية وتستخدم هذه النظرية في مصانع الطلاء بالكهرباء .

(ب) الكرومات : يمكن التخلص من الكرومات التي توجد في متخلفات الصناعات المعدنية بتحويلها إلى كرومات الباريوم التي لا تذوب في الماء ومن ثم فإنها ترسب ويسهل فصلها . ويتم التفاعل بإضافة كلوريد الباريوم أو أى ملح من أملاح الباريوم إلى الكرومات مكوناً كرومات الباريوم $B. Cr. O_4$ عديم الذوبان .

(ج) المتخلفات المحتوية على الصابون يمكن معالجتها مثل هذه المتخلفات باستعمال كلوريد الكالسيوم أو الجير أو أى مادة كيميائية تحتوى على الكالسيوم الذى يعتبر الأيون الفعال في عملية الترييب .

وقد استخدمت هذه الطريقة تجارياً في معالجة متخلفات

متخلفات الصناعة خصوصاً المغاسل ومصانع النسيج حيث يتخلف عنها مواد ذات رغاوى يسهل ترسيبها .

تطبيقات عملية :

١ - مصانع النسيج : تحتوى على نسبة عالية من الصابون والشحم وتعالج بمادة كلوريد الكالسيوم .

٢ - المدايع : لا مكان التخلص من أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة غير الدائبة تضاف أملاح الحديد كمادة مروية كما أن لها فائدة أخرى هى إزالة مركبات الكبريت الغير مرغوب فيها .

٣ - الصناعات الغذائية : نظراً إلى أن أغلب المياه المتخلفة من صناعة حفظ الأغذية تكون في حالة حمضية فإن الأمر يقتضى إضافة الجير لغرض التعادل وقد يقوم الجير بدور المادة المروية إلا أنه جرت العادة على إضافة كبريتات الحديدوز لتحسين الترييب . وتتراوح الجرعة اللازمة بين ٥ و ١٠ رطل من الجير ، ١ - ٦ رطل من كبريتات الحديدوز لكل ١٠٠٠ جالون من المياه المطلوب معالجتها .

٤ - المتخلفات الزيتية : أثبتت تجارب الترويب الكيميائى التي أجريت على متخلفات معامل التكرير التي تحتوى على نسب عالية من الزيت أن إضافة كبريتات الحديدوز المصحوب بالسيليكا المنشطة أو الجير كمادة مروية يخفض نسبة الزيت من ٦٠ إلى ٥ أجزاء في المليون . كما نقصت العكارة من ١٥٠ إلى ١٠ جزء في المليون ، والمواد العالقة من ٢٥ إلى ١٠ جزء في المليون وكمية الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D. من ٦٠ إلى ٣٠ جزء في المليون .

(ب) التفاعلات الكيميائية :

لقد أمكن بواسطة بعض التفاعلات الكيميائية تنقية متخلفات الصناعة من كثير من المواد الملوثة . وتختلف هذه العملية عن الترويب في أن المادة الملوثة ذاتها تتفاعل

٢ — المواد الغذائية :

يمكن القول بأن جميع المواد العضوية (باستثناء الأثير ومركباته والهيدروكربونات Hydrocarbons تصلح كغذاء للبكتيريا وسائر الكائنات الحية الأخرى) .

ومن أهم العناصر اللازمة لضمان نمو البكتيريا مادتي النيتروجين والفوسفور وهما موجودتان دائماً في مياه المجارى . أما مياه الصناعة فإنها غالباً ما تعاني نقصاً كبيراً في هاتين المادتين أو قد ينعدم وجودهما كلية . الأمر الذي يتعذر معه استمرار البكتيريا في أداء وظيفتها .

ومن أمثلة المخلفات التي تعاني هذا النقص مخلفات صناعة النسيج .

ولعلاج هذه الحالة يسير خلط المياه المتخلفة من الصناعة بمياه مجارى أو بإضافة مواد كيميائية تحتوي على العناصر المطلوبة .

فمثلاً يعالج النقص في النيتروجين بإضافة النشادر أو مركبات الأمونيا أو النترات أو النيتريت . ويعالج النقص في الفوسفور بإضافة أى من مركبات الفوسفات الذائبة .

وقد يستعمل السماد كمصدر للنيتروجين والفوسفور في نفس الوقت وتبلغ النسبة المثالية بين كمية الأكسجين الحيوى الممتص للمياه المطلوب تنقيتها وبين كمية الفوسفور اللازمة حوالى $\frac{1}{10}$.

٣ — النوية :

يمكن للبكتيريا الحصول على الأكسجين اللازم لها في أى صورة من صورها سواء كان ذائباً أم حراً . وكلما استهلك البكتيريا جزءاً من هذا الأكسجين يجب تعويضه بكمية أخرى مماثلة وإلا استنفذت كمية الأكسجين وعندئذ تصبح الظروف غير ملائمة لنمو البكتيريا الهوائية . ومن أسهل الطرق لاستعاضة كمية الأكسجين المستهلكة هو تعريض سطح المياه للهواء الجوى حيث تحصل منه على الأكسجين .

وفي المصبات المائية — هناك مصدر آخر للأكسجين

عملية كشط الصوف والنسيج والغاسل . كما أثبتت نجاحاً في معالجة مخلفات الحمرة من صناعة الزجاج الطبي نظراً لإحتواء هذه المخلفات على الصابون المختلط بمسحوق الحمرة العالق وأساس هذه العملية هو ترسيب الصابون بواسطة كلوريد الكالسيوم مكوناً كتلاً تساعد على ترسيب ذرات الحمرة .

التنقية البيولوجية الحيوية الهوائية :

إن من أنجح الوسائل لتنقية مياه المجارى أو مخلفات الصناعة الملوثة تلوثاً عضوياً هو ذلك الدور الهام الذى تقوم به البكتيريا وسائر الكائنات الحية الأخرى حيث تستخدم المواد العضوية كغذاء لها وتحولها إلى مواد بسيطة لا تسبب أى تلوث (مثل ثانى أكسيد الكربون والنترات والكبريتات والمياه . . إلخ) وتنشط البكتيريا الهوائية عند توافر الأكسجين اللازم لحياتها فتعمل على تحليل ذرات المواد العضوية المعقدة كالدهنيات والبروتينات والكربوهيدرات وذلك بأكسبتها إلى المواد البسيطة سالفة الذكر . وبالإضافة إلى هذا فإن هناك دور هام آخر تقوم به البكتيريا الهوائية ذلك هو استخدام البروتينات في بناء خلايا جديدة لا تلبث أن تتجمع وتكون كتلاً صغيرة يسهل فصلها بالترسيب .

ولضمان نجاح هذه العملية وأدائها على الوجه الأكمل يلزم توافر الشروط الآتية :

١ — إحتواء المخلفات على البكتيريا والكائنات الحية الأخرى المسؤولة عن عملية التنقية .

٢ — إحتواء المخلفات على المواد العضوية اللازمة لتغذية البكتيريا وإنعاشها .

٣ — ضرورة إمداد البكتيريا بالأكسجين اللازم لها .

٤ — الوسط الملائم لنمو البكتيريا وتوالدها .

وسنتكلم عن كل شرط على حده :

١ — الكائنات الحية :

وهذه تكون موجودة أصلاً في مياه المجارى وفي كثير من مخلفات الصناعة .

١ - الترشيح الحيوى :

تعتبر هذه الطريقة من أنسب الطرق لمعالجة متخلفات الصناعة وذلك كمرحلة ثانية من مراحل التنقية وجدير بالذكر هنا أن الترشيح الحيوى ليس عملية فصل المواد العالقة خلال مسام المرشح كما يبدو من التسمية وكما هو الحال فى مرشحات المياه مثلاً ، وإنما هى عملية فنية تتساقط فيها مياه المجارى أو متخلفات الصناعة خلال طبقة صناعية من الزلط أو أى مادة مسامية مماثلة حيث يمر تيار من الهواء وحيث تعيش البكتيريا والكائنات الحية .

نظرية التنقية :

تتلخص الفكرة الأساسية لعملية الترشيح فى أن الكائنات الحية التى تنمو على أسطح الزلط (أو مادة الترشيح المستعملة) على هيئة طبقة جيلاينية — تلتهم المواد العضوية الذائبة بمياه المجارى أو متخلفات الصناعة فتستخدمها كغذاء وفى نفس الوقت تحولها بفعل الأنزيمات والأكسدة إلى مواد متطايرة مثل النيتروجين وثانى أكسيد الكربون والنشادر وبخار الماء . وإلى خلايا ذات أنسجة يسهل فصلها بالترسيب .

التهوية :

تتم عملية التهوية بمرور تيار من الهواء الجوى خلال طبقة الترشيح وبمختلف اتجاه مرور هذا التيار من أعلى إلى أسفل أو من أسفل إلى أعلى باختلاف درجة حرارة السائل والهواء الجوى فإذا كان الهواء أبرد من السائل يكون اتجاه تيار الهواء من أسفل إلى أعلى . وهذا يحدث فى أيام الشتاء والليالى الباردة . أما إذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة السائل فإن اتجاه التيار يكون من أعلى إلى أسفل . وقد تستعمل التهوية الصناعية فى الحالات الآتية :

١ - فى المرشحات المغطاة .

٢ - للمرشحات العميقة .

٣ - للمرشحات التى تعالج متخلفات صناعية شديدة التلوث وتحتاج إلى كميات كبيرة من الأكسجين .

وهو ما يتخلف عن عملية التمثيل الضوئى التى تتم بفعل الطحالب والنباتات الخضراء التى تنمو فى المياه .

وإذا لم تكن كل هذه الوسائل كافية لتعويض الأكسجين المستهلك فإنه يلزم إضافة مواد كيمياوية تحتوى على الأكسجين مثل النترات .

٤ - الوسط الحيوى اللائم :

(درجة الحرارة . درجة ق يد . درجة التسمم) .

تعتبر درجة الحرارة من العوامل الهامة التى تؤثر على نشاط البكتيريا وذلك رغم أنها تستطيع العيش فى درجات حرارة قد تصل إلى ٤٠ درجة أو أكثر إلا أنها تتأقلم على درجة حرارة معينة فتبلغ كفاءتها الحد الأقصى فإذا ما حدث أى تغيير مفاجئ فى درجة الحرارة بإضافة متخلفات ساخنة فإنه قد يتسبب عن ذلك هلاك هذه البكتيريا أو الحد من نشاطها . ولذا فإنه من الضرورى عند صرف متخلفات الصناعة بقاءها مدة كافية فى أحواض تعادل لتخفيض درجة حرارتها قبل دخولها أحواض التنقية . ولدرجة تركيز الأيون الأيدروجينى أهميته أيضاً فى التأثير على نشاط البكتيريا وتعتبر درجة ق يد (٧) أى التعادل مناسبة للتنقية البكتيرية .

أما المواد السامة كالأحماض والقلويات وكثير من الأملاح الذائبة فإنها قد تفسد عملية التنقية مؤقتاً أو بصفة مستديمة . ولذا فإنه يلزم معالجة مثل هذه المواد وذلك بمعادلتها وترسيبها أو بأى طريقة أخرى قبل صرفها إلى أحواض التنقية الحيوية . وقد لوحظ فى كثير من الحالات إن إضافة بعض المواد العضوية السامة مثل مركبات الفينول على دفعات صغيرة بالتدرج لم يضر بالبكتيريا كثيراً . بل أكسبها مناعة ضد هذه المواد بحيث لم تعد تتأثر بها .

طريقة التنقية بالبكتيريا الهوائية :

١ - الترشيح بأنواعه .

٢ - تنشيط الحمأة .

٣ - التنقية فى المستنقعات المائية المكشوفة .

تشغيلها ذاتياً بضغط المياه الداخلة إلى المرشح أو بواسطة محرك خاص إذا لم تسمح المناسيب بالتشغيل الذاتى .

أجزاء المرشح :

يتكون المرشح من الأجزاء الرئيسية الآتية :

٣ — أرضية المرشح :

يجب أن تراعى الدقة التامة فى تصميم وتنفيذ أرضية المرشح وقايا التهوية إذ هى أساس نجاح عملية التنقية فتدشأ الأرضية من الخرسانة المسلحة على أساس سليم كما يراعى ألا يقل إحدار الأرضية نحو قناة التصريف عن ٠.٥٪ وتكون قنايا التهوية فى المرشحات الحديثة من بلاطات جاهزة الصب تتركز على أعمدة قصيرة بحيث تسمح بمرور الهواء إلى داخل المرشح والمياه المنصرفة إلى خارج المرشح . وتصمم هذه المصارف على أساس تخصيص نصف المساحة لمرور الهواء بسرعة تتراوح بين ٠.٦٠ ، ٠.٩٠ متر فى الثانية .

أنواع المرشحات :

تنقسم المرشحات إلى نوعين أساسيين من حيث كمية المياه ودرجة تلوثها .

(أ) المرشحات ذات المعدل المنخفض وتصمم على تصرف يتراوح بين ١ ، ٣ متر مكعب لكل متر مسطح من طبقة الترشيح فى اليوم ولتعدد مكعب الزلط المطلوب وبالتالى عمق المرشح يؤخذ معدل يتراوح بين ١٠٠ ، ٤٠٠ جرام B.O.D. فى اليوم لكل متر مكعب من طبقة الترشيح .

(ب) المرشحات ذات المعدل المرتفع .

وهى الأكثر ملاءمة لمعالجة متخلفات الصناعة وتصمم على تصرف يتراوح بين ٧ ، ٤٠ م^٣ فى اليوم لكل متر مسطح من طبقة الترشيح ومن ٤٥٠ إلى ٥٠٠٠ جرام فى اليوم لكل متر مكعب من طبقة الترشيح .

مقارنة بين المرشحات ذات المعدل المنخفض وذات

المعدل المرتفع :

تستخدم المرشحات ذات المعدل المنخفض لمعالجة المياه

١ — طبقة الترشيح وهذه قد تكون من البازلت أو الزلط ذى شكل الكروى لإمكان الحصول على توزيع منتظم للفراغات خلال طبقة الترشيح . وتجنّب استعمال الزلط المدبب وتختلف الأحجام حيث يتسبب عن استعماله تقليل الفراغات التى تستعمل للتهوية كما يتجنب استعمال الأحجار المحتوية على نسبة عالية من الحجر الجيرى خصوصاً فى المرشحات التى تعالج متخلفات حمضية نظراً لأنها تتفاعل مع كربونات الكالسيوم (الحجر الجيرى) وجدير بالذكر أنه يجب تجنب الأحجار الجيرية حتى لو كانت المياه لا تحتوى على أحماض نظراً لأن عمليات أكسدة المواد العضوية بواسطة البكتيريا الموجودة على أسطح الزلط قد يتخلف عنها أحماض عضوية تتلف مادة الترشيح الجيرية .

وتتراوح حجم قطع الزلط بين ١ ½ إلى ٣ ½ بوصات ويتوقف حجم قطع الزلط على نوع المياه المراد تنقيتها فإذا كانت محتوية على نسبة عالية من المواد العالقة (فى حالة ما إذا استغنى عن الترسيب) فإنه يحسن استعمال الزلط كبير الحجم وذلك لمنع انسداد المرشح .

وتتراوح عمق طبقة الترشيح بين ١.٨٠ ، ٢.٤٠ متر . ويكون المرشح دائرى الشكل فى أغلب الحالات . وذلك لقلة تكاليفه وسهولة تشغيله وتبنى حوائط المرشح من الطوب أو المبانى أو الخرسانة ونادراً ما تكون المرشحات بدون حوائط حيث يسمح للزلط أن يأخذ إنحداره الطبيعى بما يتطلبه مسطحات أكبر دون الاستفادة من الزيادة فى المسطح المتخلفة عن هذا الإنحدار فى عملية التنقية .

٢ — جهاز توزيع المياه الخام :

الغرض الأساسى من هذه الأجهزة هو ضمان توزيع المياه الخام توزيعاً منتظماً على سطح المرشح . وأحدث الطرق المستعملة لهذا الغرض هى الموزعات الدوارة التى يمكن

١ — مخلفات مصانع الألبان :

وتشمل السوائل المنصرفة من وحدات تعبئة اللبن في الزجاجات ووحدات صناعة منتجات الألبان كالجبن واللبن المحفف وتمتاز هذه المخلفات باحتوائها على نسب ضئيلة من المواد العالقة إذ أن أغلب المواد العضوية كالسكريات والبروتينات والدهنيات تكون في حالة غروية أى شبه ذائبة Colloidal Solution ولذا فإنه قد يستغنى عن عمليتي التصفية والترسيب أو إذا لزم الأمر فقد تستعمل المصافي ذات الفتحات الضيقة لحجز ما يمكن حجزه من المواد الدقيقة ونظراً لأن مخلفات الألبان سريعة التحلل والتعفن فإنه يلزم تهوية أحواض التخزين وأحواض التعادل بصفة مستمرة لمنع تعفن المياه قبل معالجتها في المرشحات . وتستعمل المرشحات ذات المعدل المنخفض لتنقية المياه التي لا تتجاوز معدل الأكسجين الحيوى لها ٨٠٠ جزء في المليون وتكون طبقة الترشيح من زلط يتراوح حجمه بين $\frac{1}{16}$ ، $\frac{2}{16}$ بوصة وبعمق يتراوح بين ٦ ، ٨ أقدام ومعدل التصريف ١ متر مكعب من المياه لكل متر مسطح من المرشح في اليوم . وقد أمكن بهذه الطريقة تخفيض معدل الأكسجين الحيوى بنسبة ٧٠٪ وقد تستعمل طريقة الترشيح على مرحلتين إذا لزم الأمر وكانت درجة نقاوة المياه الخارجة عالية نسبياً .

أما إذا كانت درجة التلوث العضوى للمياه المطلوب تنقيتها مرتفعة نسبياً (حوالى ٣٠٠٠ جزء في المليون) فتستعمل المرشحات ذات المعدل المرتفع بمعدل يتراوح بين ٥ ، ١٠ متر مكعب من المياه لكل متر مسطح من المرشح في اليوم ، ٢٠٠٠ جرام B.O.D. لكل متر مكعب من المرشح في اليوم وبهذه الطريقة يمكن تخفيض معدل الأكسجين الحيوى الممتص بنسبة ٨٥ — ٥٩٪ .

٢ — مخلفات مصانع التعبئة :

يختلف تكوين هذا النوع من المخلفات باختلاف نوع الخضروات أو الفواكه المطلوب تعبئتها في العلب . ولكنها

المتخلفة من مجموعات صغيرة من السكان حيث لا يحتاج الأمر إلى إشراف فنى دقيق أو صيانة مستمرة كما تنعدم الحاجة إلى استخدام التيار الكهربائى خصوصاً إذا أمكن سير المياه بالإنحدار الطبيعى ومن مزايا هذه المرشحات أيضاً أن كمية الحمأة المتخلفة تقل كثيراً عنها في المرشحات ذات المعدل المرتفع وذلك نتيجة أكسدة أغلب المواد العضوية وتحويلها إلى مركبات متطايرة ومن مساوئها أنها تتطلب مساحات شاسعة مما يزيد في تكاليف الإنشاء كما أنها كثيرة التعرض للانسداد وتوالد الذباب على سطح المرشح .

إعادة التصريف :

أهم ما يميز المرشحات ذات المعدل المرتفع عن المرشحات ذات المعدل المنخفض هو إعادة جزء من المياه بعد خروجها من المرشح وخلطها بالمياه الخام الواردة إليه . ولهذه العملية عدة مزايا أهمها :

- ١ — تزويد المياه الخام بالكائنات الحية المسؤولة عن عملية التنقية .
 - ٢ — تخفيف المياه الواردة وبالتالي تسهيل عملية التنقية .
 - ٣ — تخفيف درجة تركيز المواد السامة إن وجدت .
 - ٤ — إذا أضيفت المياه المعادة إلى مياه الجارى الخام قبل دخولها أحواض الترسيب الإبتدائى فإنها تصلح من حالة التعفن التي قد تطرأ على المياه نتيجة تخزينها مدة طويلة . كما أنها تعوض التصريفات المنخفضة أثناء الليل وبالتالي تجنب بقاء المياه مدة طويلة في الأحواض .
 - ٥ — يعتبر خلط المياه المعادة بالمياه الواردة إحدى الوسائل الفعالة لتخفيض درجة حرارة المياه الساخنة .
- والشكلى رقم ٤ ، ٥ يبينان كيفية استخدام المياه المعادة في عملية تنقية يستخدم فيها الترشيح على مرحلتين (نشر بالعدد الثانى) .

تطبيقات عممية :

من أمثلة الصناعات التي تعالج مخلفاتها بالترشيح الحيوى هى صناعة الألبان . وتعبئة العلب . والمدابع .

حيث لا يحتاج الأمر إلى توزيع المياه بمعدل معين كما في المرشحات بل ترد المياه إلى الأحواض دفعة واحدة ويصير تهويتها بنفخ الهواء من أجهزة خاصة توجد داخل الحوض ذاته . وبالتالي تقلب محتويات الحوض وإعطساء الفرصة للبكتيريا للحصول على الأكسجين اللازم لها لمزاولة نشاطها لأكسدة المواد العضوية وتكوين خلايا جديدة تظل عالقة بالمياه وتساعد في عملية التنقية .

وصف عام لعملية التنقية :

تبدأ العملية بالترسيب الابتدائي لترسيب ما يمكن ترسيبه من المواد العالقة المحتوية على تلوث عضوى . وهذا بلاشك تخفض درجة B.O.D. مما يخفف العبء على أحواض التهوية . ثم تدخل المياه السرسبة أحواض التهوية فتتمكث عدة ساعات يتم فيها « أكسدة » المواد العضوية بواسطة البكتيريا النوائية وتكوين خلايا جديدة لا تلبث أن تتجمع على شكل قطع أسفنجية تعرف باسم « الحمأة المنشطة » ومن حوض التهوية يخرج خليط من المياه والحمأة إلى حيث يتم فصل الحمأة في حوض الترسيب النهائى . ويرفع جزء من هذه الحمأة المنشطة ويخلط بالمياه قبل دخولها أحواض التهوية مباشرة وذلك لإمدادها بالبكتيريا التي تكون في حالة نشطة تمسكها من أداء وظيفتها وإنعاش الكائنات الحية الأخرى الواردة مع المياه الخام والتي قد تكون في حالة خمول .

تطبيقات عملية :

١ — مخلفات ومصانع الورق : أسفرت التجارب التي أجريت لمعالجة المياه البيضاء المختلفة من صناعة الورق بطريقة تنشيط الحمأة بالهواء المضغوط عن تخفيض معدل الأكسجين الحيوى الممتص (٤٣٣٠ جزء في المليون) بنسبة ٩٥ — ٩٧ ٪ بعد تهوية أستمريت ٢٢ ساعة وقد نتج عن هذه العملية حمأة أمكن ترسيبها بسرعة وسهولة . وقد استعمل في هذه التجربة معدل B.O.D. يتراوح بين

تشابه من حيث إحتوائها على نسبة عالية من المواد العضوية الذائبة والغروية مما يجعل عملية التنقية في المرشحات الميكانيكية من أنجح الوسائل لهذا الغرض . وقد تستعمل المرشحات ذات المعدل المنخفض واحد متر مكعب من المياه لكل متر مسطح من المرشح في اليوم وهذه تزيل من ٤٠ إلى ٨٠ ٪ B.O.D. وإذا استعملت المرشحات ذات المعدل المرتفع فتصمم على ١٠ — ٢٠ متر مكعب من المياه لكل متر مسطح من المرشح في اليوم . وتعتبر عملية الترسيب الإبتدائي عملية أساسية لتنقية هذا النوع من المياه نظراً لاحتوائها على مواد صلبة وعالقة بنسب عالية .

٣ — مخلفات المدايق :

قد تستعمل المرشحات الميكانيكية لمعالجة مخلفات المدايق ولكن بشروط معينة :

(١) أن يسبق عملية الترشيح عملية تصفية وترسيب عادى أو باستخدام الكيماويات :

(ب) ضرورة استخدام الزلط ذى الحجم الكبير لتفادى إنسداد المرشحات مما تحمله المياه من بقايا الشعر والجلد والشحم .

(ح) ضرورة معادلة المياه نظراً لارتفاع قلويتها .

وإذا لم يتيسر ذلك فتوقف العملية عدة مرات لترويض الميكروبات وإكسابها مناعة ضد القلوية العالية وتفيد الماء العائدة Recirculated في التخفيف من حدة هذه القلوية التي قد تعطل نشاط البكتيريا .

٤ — تنشيط الحمأة :

لا تختلف عملية التنقية بطريقة تنشيط الحمأة كثيراً من التنقية بطريقة الترشيح الحيوى وذلك من حيث المبدأ . فكليهما يعتمد على البكتيريا الهوائية في أكسدة المواد العضوية المسببة للتلوث وتحويلها إلى مركبات بسيطة يسهل التخلص منها دون ضرر . ولكنهما يختلفان في طريقة ونظرية التشغيل

الصناعة بتفكيكها إلى مواد أبسط منها وذلك بواسطة البكتيريا غير الهوائية وهى التى تؤدى وظيفتها فى وسط خالى من الهواء أو الأكسجين وتختلف النواتج النهائية للمواد العضوية بعد تنقيتها بهذه الطريقة عن المواد الناتجة من عملية التنقية الهوائية (بواسطة البكتيريا الهوائية التى سبق شرحها) فمثلا تتحول ذرات الكربون فى عملية التنقية غير الهوائية — إلى غاز الميثان (لـ يد) بدلا من تحويلها إلى غاز ثانى أكسيد الكربون (لـ ام) فى عملية التنقية الهوائية ، كما يتحول النيتروجين إلى نشادر (ن يد) أو يتصاعد على هيئة غاز نـ بدلا من تحويله إلى نترات (نـ ام) أو نيتريت (نـ ام) وتتميل مركبات الكبريت إلى تكوين كبريتيد الأيدروجين (يد كـ ب) بدلا من تكوين ثانى أكسيد الكبريت (كـ ب ام) أو أيونات الكبريتات (كـ ب ام) .

وأهم ما يميز هذه العملية تصاعد غازات لها رائحة نفاذة مثل كبريتيد الأيدروجين والنشادر وغازات قابلة للاحتراق مثل غاز الميثان وغاز الأيدروجين .

ومن مميزاتها أنها لا تحتاج إلى مسطحات كبيرة إذ يمكن للبكتيريا أن تعمل بكفاءة تامة فى أحواض مقفولة وبأعماق كبيرة طالما أنها ليست فى حاجة إلى أكسجين أو تهوية . ورغم أن تكاليف التنقية غير الهوائية أقل بكثير من تكاليف التنقية الهوائية . إلا أنها غير مستحبة نظراً لأن المياه الخارجة منها لا تكون على درجة عالية من النقاوة حيث تكون قائمة اللون ذات رائحة ويبلغ معدل الأكسجين الحيوى لها بضع مئات .

مقارنة بين التنقية الهوائية وغير الهوائية من حيث النواتج النهائية :

أهم المواد الثابتة البسيطة التى تتحول إليها المواد العضوية فى عملية التنقية الهوائية هى ثانى أكسيد الكربون والمياه والنترات والنيتريت وأيونات الكبريتات وتتراوح نسبة المواد الصلبة فى الحمأة من ٦٠ — ٧٠٪ من الوزن الأصى للمواد العضوية فى المياه الخام وتتكون من كائنات حية

١٣٥ و ٣٠٠ رطل فى اليوم لكل ١٠٠٠ قدم مكعب من سعة الحوض .

٢ — متخلفات معامل تكرير البترول :
نجحت جميع تجارب تنشيط الحمأة بالماء المضغوط لمعالجة المتخلفات البترولية المحتوية على الهيدروكربونات Hydrocarbons والفينول والأحماض الدهنية ومركبات النيتروجين والكبريت بعد تهوية استمرت ٩ إلى ١٢ ساعة وكانت عينة المياه المستعملة تحتوى على نسبة من المواد العالقة تتراوح بين ٤٠٠٠ ، ٥٠٠٠ جزء فى المليون كما بلغ معدل الأكسجين الحيوى المحتص B.O.D. ١١٠٠ جزء فى المليون ونسبة الفينول ١٠٠ جزء فى المليون وقد أمكن فى هذه التجربة التخلص من ٩٠ — ٩٥٪ من B.O.D. ، ٩٠ — ٩٥٪ من الفينول وقد وجد أنه من الضرورى وجود الفوسفات بنسبة ١١ جزء فى المليون . والنشادر (لاحتوائه على النيتروجين) بنسبة ١٩ جزء فى المليون على الأقل لحاجة البكتيريا لهذين العنصرين فى عمليتى البناء والأكسدة .

٣ — المتخلفات المحتوية على مواد مشعة : وهذه يمكن معالجتها بطريقة تنشيط الحمأة نظراً لشدة قابلية المواد المشعة للتجمع حول ذرات الحمأة وبالتالي إمكان فصلها معاً بسهولة وقد أسفرت إحدى التجارب إزالة ٩٩٪ من مادة البلوتونيوم Plutonium حيث كانت نسبته فى المياه الخارجة ٠.٠٠١ ميكروجرام فى اللتر . وهى نسبة مسموح بصرفها دون ضرر . ويحتاج الأمر إلى إضافة مواد عضوية لتغذية البكتيريا . ويستعمل لهذا الغرض مياه المجارى العادية أو أى مادة غذائية أخرى كالديقيق أو المعادن الغذائية .

٤ — متخلفات أخرى : من الصناعات التى تعالج متخلفاتها بطريقة تنشيط الحمأة صناعات الألبان والتعبئة فى العلب . والمتخلفات المحتوية على مادة الفينول .

التنقية البيولوجية غير الهوائية :

يمكن التخلص من المواد العضوية فى المياه المتخلفة من

والمواد الأخرى للضارة بالزراعة . وبالتالي إمكان استعمالها كسماد زراعى .

أهم خصائص تخمير الحمأة :

وهى عبارة عن أحواض ضخمة تتسع لتصرف يتراوح بين شهر وثلاثة أشهر من الحمأة الراسبة فى أحواض الترسيب . وأنواعها كثيرة فمنها ما يحتوى على جهاز تقليب سريع أو بطيء أو قد لا يكون هناك أى تقليب بالمرّة ومنها ما تسخن محتوياته ومنها ما يعمل فى درجات الحرارة العادية . ومن دواعى الاقتصاد عمل الاحتياطات اللازمة لعدم تسرب الغازات من الحوض دون الاستفادة منها . كما يراعى التخلص أولاً بأول من طبقة الحث الطافى فوق سطح الماء فى الحوض وذلك بتكسيدها بجهاز خاص وخلطها بمحتويات الحوض . ويفيد تقليب محتويات الحوض فى ضمان وصول المواد الغذائية إلى البكتيريا فى جميع أجزاء الحوض كما يحقق توزيعاً منتظماً لها . . الأمر الذى يترتب عليه عدم وجود أجزاء خاملة فى الحوض كما يسهل عملية تصاعد الغازات . ومن عيوب التقليب — بالإضافة إلى التكاليف — صعوبة — وربما استحالة فصل الحمأة عن المياه فصلاً تاماً وبالتالى فإن المياه المنصرفة من الحوض لا تكون على درجة عالية من النقاوة لاختلاطها بذرات الحمأة .

وللتغلب على هذه الصعوبة ينشأ حوضين أحدهما تتم فيه عملية الأكسدة ومناثر العمليات البيولوجية الأخرى مع تقليب محتويات الحوض بصفة مستمرة . ومن هذا الحوض تتصاعد الغازات التى يمكن جمعها وتصريفها من أعلى الحوض إلى حيث يصير استعمالها أما الحوض الثانى فهو لاستكمال التخمير وتتم فيه عملية فصل الحمأة عن المياه بالترسيب الهادى الذى لا يعطله أى تقليب . وبالتالى إمكان فصل المياه والحمأة كل على حدة وبالتقاوة المطلوبة وتسمى هذه العملية « بالتخمير على مرحلتين Two stage » وهى شائعة الاستعمال فى العمليات الكبرى .

ومن خواص الحمأة جيدة التخمير أن يكون لونها بنى أو

ميكروسكوبية ولحقق بها ما أمكن اجتذابه من المواد العالقة والغروية .

أما فى التنقية غير الهوائية فإن أهم المواد الغازية المتخلفة غاز الميثان الذى يمثل ٦٠ — ٧٥ ٪ من مجموع الغازات . وباقى الغازات هى الأيدروجين وثنائى أكسيد الكربون وحوالى ٥ ٪ غازات أخرى ، ولا تزيد نسبة المواد الصلبة عن ٤٠ ٪ من الوزن الأسمى للمواد العضوية .

وقد نجحت الدراسات التى أجريت فى العامل وفى الوحدات التجريبية وفى الطبيعة — لمعالجة مخلفات بعض الصناعات بالطريقة غير الهوائية .

ومن أمثلتها : مخلفات مصانع الألبان . عمليات كشط الصوف . مصانع مضادات الحيويات كالبنسلين ومشتقاته Antibiotics تعبئة اللحوم ومعامل التقطير .

تخمير الحمأة :

تعتبر عملية تخمير الحمأة إحدى الطرق الهامة التى تعتمد على التنقية غير الهوائية وهى تستخدم فى عمليات التنقية التى تعالج مياه المجارى أو المخلفات الصناعية إذ ترفع إليها الحمأة المتخلفة من أحواض الترسيب نظراً لاحتوائها على مواد عضوية على درجة عالية من التركيز وتتخلص فوائده التخمير فى النقاط الآتية :

١ — الحصول على حمأة عديمة الرائحة تقريباً لانخفاض نسبة المواد العضوية بها .

٢ — التقليل من كمية الحمأة المطلوب تجفيفها مما يخفض تكاليف العملية .

٣ — الحصول على حمأة سريعة الجفاف

٤ — الحصول على غازات يمكن استغلالها كوقود لإدارة بعض الآلات .

٥ — الحصول على حمأة خالية تقريباً من الدهون

١ — التسخين باستعمال الأنابيب الحلزونية داخل الحوض .

٢ — التسخين باستعمال المبادل الحرارى خارج الحوض .

وقد سبق شرح هاتين الطريقتين كما سبق الإشارة إلى عيوب الطريقة الأولى من حيث تعرض الأنابيب للتآكل واحتمال ترسيب الحمأة حول جدرانها وصعوبة الوصول إليها إلا بعد تفريغ الحوض بأكمله وتعطيل العملية ولهذا الأسباب يفضل التسخين بواسطة جهاز تسخين خارجى External heat exchanger .

درجة (ق يد) :

تعتبر درجة تركيز الأيون الأيدروجين لمحتويات حوض التخمر من أهم العوامل المسؤولة عن حياة الكائنات الحية وعليها يتوقف نشاطها من عدمه . إذ لو هبطت هذه الدرجة إلى أقل من ٦.٥ لتحوّلت محتويات الحوض إلى سائل حمضى يشمل حركة البكتيريا ويوقف إفرازاتها وتفاعلاتها مع المواد العضوية ومن أهم العوامل التى تسبب خفض درجة ق يد عن المعدل المعقول وهو (٧) . إدخال الحمأة الخام بكميات كبيرة إلى حوض التخمر . ولذا فإنه يجب ألا يزيد التصريف اليومي المرفوع إلى حوض التخمر عن ٥٪ من سعة الحوض وبشرط أن تضاف على دفعات صغيرة حتى يتسنى خلطها جيداً مع محتويات الحوض . وتعالج الحمضية الزائدة بإضافة الجير لرفع درجة ق يد .

سعة الحوض :

تتوقف مدة المكث على نوع المواد العضوية وخواصها ودرجة قابليتها للتحلل . وتتراوح بين شهرين وثلاثة أشهر في حالة التخمر على مرحلة واحدة .

أما في التخمر على مرحلتين فتكون هذه المدة ٢٠ أو ٣٠ يوم في حوض التخمر الأولى ومن ٦٠ إلى ٨٠ يوم في

أسود بلا رائحة نفاذة ومن أهم مميزاتها أن قابليتها للاحتفاظ بالماء تقل كثيراً عن الحمأة الخام (raw-undigested sludge) وبالتالي سهولة فصل الماء عنها بالترشيح أو في أحواض التجفيف والحصول على حمأة جيدة لتسميد الأراضى الزراعية لإحتوائها على كمية كبيرة من المواد المعدنية الغذائية .

التسخين :

تتراوح درجة الحرارة في كثير من أحواض تخمر الحمأة بين ٢٧° ، ٣٥° مئوية . والكائنات الحية التى تعمل في مثل هذه الظروف تسمى الكائنات الحية متوسطة الحرارة . Mesophilic medium temp. .

وقد وجد أن العملية تسير بكفاءة عالية كما أن الغازات تتصاعد بكميات لا بأس بها . وتكون محتويات الحوض في حالة تعادل وأخف رائحة مما لو استخدمت درجات حرارة أقل من المعدلات سالفة الذكر . ونادراً ما يحتاج الأمر إلى رفع درجة الحرارة إلى أكثر من ٤٥ مئوية لذلك لأنه برغم أن العملية تسير بكفاءة أعلى وأسرع إلا أن المعدل السريع الذى تتصاعد به الغازات تسبب أضرار محتويات الحوض وبالتالي صعوبة فصل الحمأة عن المياه والحصول على مياه على درجة عالية من النقاوة . والكائنات الحية التى تعمل في هذه الظروف تسمى الكائنات الحية عالية الحرارة Thermophilic .

ويقتصر استعمال هذه الطريقة (أى درجات الحرارة المرتفعة) على قليل جداً من متخلفات الصناعة وذلك مثل متخلفات مصانع البيرة .

طرق التسخين :

لتسخين محتويات أحواض التخمر عدة طرق ولكن هناك طريقتان هما أكثر استعمالاً من غيرها وهما :

الذى يترتب على حدوثه الأضرار بالبكتيريا وكثيراً ما يضاف الجير بين آن وآخر لرفع درجة (ق يد) إلى أكثر من ٦.٥ كحد أدنى .

التخلص من المياه بعد تنقيتها :

من البديهي أنه إذا أمكن تنقية مياه مخلفات الصناعة تنقية كاملة أى ١٠٠٪ فإن التخلص منها بإلقائها فى أى مجرى مائى يكون أمر طبيعى — حتى لو كانت مياه هذا المجرى تستعمل للشرب أو لأى غرض آخر . ولكن التنقية إلى هذه الدرجة تكاد تكون مستحيلة وباهظة التكاليف ولذا فإنه يتحتم إيجاد طريقة مناسبة للتخلص من مخلفات الصناعة بعد تنقيتها إلى درجة معقولة سواء كانت سائلة وصلبة أو غازية ، ولعل أنسب الطرق المعروفة هى إعادة استعمال هذه المخلفات فى نفس الصناعة أو لأى غرض آخر إذا كان هذا ممكناً وإلا فإن هناك عدة طرق للتخلص من المخلفات الصناعية بعد تنقيتها . وأهم هذه الطرق :

- ١ — الصرف فى المجارى المائية (أنهار . ترع . إلخ) .
- ٢ — الصرف فوق سطح الأرض .
- ٣ — الصرف فى طبقات تحت سطح الأرض .
- ٤ — الصرف فى مواسير المجارى .

١ — الصرف فى المجارى المائية :

تعتبر هذه الطريقة من أبسط الطرق للتخلص من المياه بعد خروجها من أحواض التنقية . هذا إذا كانت الأحواض قريبة من هذا المجرى المائى . وإذا تقرر ذلك فإنه يجب أن يؤخذ فى الاعتبار استعمالات مياه هذا المجرى وتأثير المياه المنصرفة إليه على الاحياء المائية . وبالتالي إمكان تحديد درجة التنقية اللازمة لمياه المجارى قبل صرفها .

وفى المناطق الساحلية — أصبحت الطريقة المثلى للتخلص من المياه والحمأة هى صرفها إلى البحر أو المحيط وقد أجريت عدة تجارب لمعرفة تأثير المخلفات الحمضية على

الحوض الثانوى . وتتراوح سعة الحوض بين ٢.٥ ، ٥ قدم مكعب للشخص الواحد . وهذه تتوقف على درجة الحرارة وعلى نوع الحمأة المطلوب تخميرها (تزداد السعة فى حالة الباردة أو المنشطة أو المحتوية على مخلفات صناعية) .

الغازات المتصاعدة :

تقدر كمية الغازات المتخلفة عن معالجة الحمأة فى أحواض التخمر بحوالى ١٥ — ٢٠ قدم ٣ لكل رطل من المواد المتحللة ومن هذه الكمية حوالى ٦٠ — ٧٠٪ ميثان ، ٢٥ — ٣٠٪ ثانى أكسيد الكربون وتبلغ القيمة الحرارية لهذه الغازات ٥٠٠ — ٨٠٠ وحدة حرارية بريطانية B.T.U. لكل قدم مكعب من الغاز . ويستعمل هذا الغاز أما كوقود لإدارة آلات المحطة أو لتسخين محتويات أحواض التخمر .

تطبيقات عملية :

١ — مخلفات مصانع كشط الصوف :

عولجت الحمأة المتخلفة من هذه المصانع بنجاح باهر فى أحواض تخمر الحمأة ، وذلك نظراً لإحتوائها على نسبة عالية من الشحم والصابون فى وحدة تجريبية أنشئت لمعالجة مخلفات تحتوى على ٢٨٠٠٠ جزء فى المليون مواد متطايرة volatile ، ١١٠٠٠ ، جزء فى المليون شحم ، ١٠٠٠٠ جزء فى المليون B.O.D. وبلغت مدة المكث فى حوض التخمر ٣٠ يوماً وأمكن تخفيض نسبة المواد المتطايرة ٦٥٪ ، من قيمتها الأصلية ، والشحوم ٩٠٪ . وبلغت كمية الغازات ١٤ قدم مكعب لكل رطل من المواد المتطايرة .

٢ — مخلفات مصانع تعبئة الخضروات :

يصير معالجة الحمأة المتخلفة من أحواض الترسيب الأولية وذلك برفعها إلى أحواض التخمر . وقد لوحظ أن هذا النوع من الحمأة سريع التحول إلى الحالة الحمضية . الأمر

تهوية مستمرة لتزويد مياه النهر بالأكسجين اللازم لأكسدة المواد العضوية . وكثيراً ما تضاف تترات الصوديوم كمصدر للأكسجين يمنع توالد البكتيريا اللاهوائية وحدوث تحلل للمياه يتخلف عنه روائح كريهة . كما يضاف الكلور لمنع أو تأخير تعفن المياه وذلك لحين تخفيفها واختلاطها بمياه الجرى المائى وبالتالى الحصول على الأكسجين اللازم لها .

٢ - الصرف فوق سطح الأرض :

تعتبر هذه الطريقة من أنجح الطرق للتخلص من المتخلفات السائلة من الصناعات الغذائية فى المناطق القروية . وقد وجد أن هذه الطريقة من أرخص الطرق وأكفأها بعد عدة دراسات ومقارنات بينا وبين الطرق الأخرى . وذلك فيما يختص بمتخلفات مصانع التعبئة والألبان واللحوم . إذ يصير توزيع المياه على مسطح من الأرض فيتمسك جزء منها ويتبخر جزء آخر . وقد تستعمل لرى بعض المحاصيل .

٣ - الصرف تحت سطح الأرض :

تتم عملية صرف المياه إلى طبقات تحت سطح الأرض بضغط المياه فى مواسير رأسية تمتد إلى العمق الكافى الذى يمنع اختلاط هذه المياه بالمياه تحت السطحية المستعملة للشرب ويحسن فى مثل هذه الحالات الوصول إلى الطبقات الحاملة للمياه الملحة التى يكون لها إتصال بمياه البحر .

٤ - الصرف فى مواسير الجارى :

تعتبر طريقة الصرف فى الجارى المائية المكشوفة فى المناطق القروية من أنسب الطرق للتخلص من متخلفات الصناعة سواء بدون تنقية أو بعد التنقية . أما فى المدن حيث لا تتوفر هذه الجارى المائية فإن مواسير الجارى تؤدى نفس الغرض بل وغالباً ما تكون هى الوسيلة الوحيدة للتخلص من المياه المتخلفة من بعض الصناعات . وهنا تظهر مشكلة الأضرار التى قد تصيب شبكة مواسير الجارى نتيجة صرف هذه المياه . وقد سبق شرح هذه الأضرار بالتفصيل . وهى

مياه سواحل نيويورك ونيوجرس حيث تستقبل هذه المياه ما يقرب من ٤٠٠٠ طن من المتخلفات الحمضية فى اليوم . وتحتوى هذه المتخلفات على كبريتات الحديدوز بنسبة ١٠٪ (١٠٠٠٠٠ جزء فى المليون) وحمض الكبريتيك بنسبة ٨.٥٪ (٨٥٠٠٠ جزء فى المليون) ولضمان عدم حدوث أى ترسيب أو رجوع المياه إلى الشاطئ مع تذبذب المنسوب تبعاً لحركة المد والجزر . . يكون الصرف على مسافة حوالى ٢٠ كيلو متراً بعيداً عن الشاطئ وعلى عمق ٢٥ متراً . وقد تبين من هذه التجارب إن الأحماض قد اختفى تأثيرها ولم يعد لها وجود وذلك نتيجة التخفيف والتعادل اللذين يتبان بفعل القلوية الطبيعية لمياه البحر .

طريقة الصرف :

يتوقف نجاح الصرف فى الجارى المائية على تصميم ووضع المخرج بالنسبة للمجرى المائى . فمثلاً إذا رؤى الإكتفاء بمخرج واحد (سواء ماسورة أو مجرى مكشوفة) وعلى مسافة قريبة من الشاطئ فإن ذلك يترتب عليه عدم خلط المياه جيداً ، بل وظهور تيار مائى ذو لون مميز فى الجرى الأصلي ممتداً إلى مسافة قد تصل إلى عدة أميال . ولذا فإنه من الضرورى توزيع التصريف على عدة مخارج وفى أماكن متباعدة وعلى أعماق مختلفة من الجرى المائى لضمان حسن التوزيع وخلط المياه وتخفيفها بالسرعة والكفاءة اللازمين . كما يراعى أيضاً إنشاء أحراض تخزين لتوزيع تصرف ٨ ساعات على ٢٤ ساعة . وبالتالى تفادى حدوث فيضان فى مياه الجرى وتخفيض تركيز المياه المنصرفة لتوزيعها على ساعات اليوم .

معالجة مياه الجرى :

قد يتطلب الأمر معالجة مياه الجرى المائى الذى تصرف إليه مياه متخلفات الصناعة بعد خروجها من أحواض التنقية . وذلك كمرحلة نهائية من مراحل عملية التنقية . وغالباً ما يكون ذلك ضرورياً عند الصرف فى الأنهار إذ تحتاج إلى

إلقاء المتخلفات الحمضية قبل معادلتها بحيث لا تقل قوة تركيز الأيون الأيدروجينى عن ٦.٥ .

(و) المواد السامة :

يجب ألا تحتوى المياه على غازات أو أبخرة بالتركيز الذى يجعلها مادة سامة تسبب أضراراً للإنسان أو الحيوان . كما يجب ألا تحتوى على أى مواد مقلقة تشكل خطراً على الصحة العامة والأمن . وحددت المواصفات نسب بعض المواد التى يمكن أن يسمح بإلقائها فى مياه المجارى دون حدوث خطر يذكر فمثلاً لا تزيد نسبة الفينول عن ٥ جزء فى المليون والحديد ٥ جزء فى المليون والنحاس ٣ جزء فى المليون فى مياه المجارى التى ستعالج بالتنقية الجزئية وبدون أحواض تخمير . أما فى الحالات الأخرى أى التنقية الكاملة فيجب ألا تزيد هذه النسبة عن ١ جزء فى المليون . ولا تزيد نسبة الكروم عن ٥ جزء فى المليون فى حالة التنقية الجزئية أو ٣ جزء فى المليون للتنقية الكاملة . ويجب ألا تزيد نسبة السيانيد عن ٢ جزء فى المليون أما فيما يختص بالمعادن الثقيلة كالنيكل والزنك فهناك اختلافات عديدة بين اللوائح حول النسب التى يمكن أن يسمح بها — وكل ذلك يتوقف على الظروف المحلية لكل عملية تنقية

(هـ) اشتراطات أخرى :

من الأمور التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار تزايد التلوث العضوى والمواد العالقة وارتفاع درجة الحرارة . فيحرم الصرف فى مواسير المجارى إذا زادت نسبة الكلور المطلوب عن ١٥ جزء فى السليون . كما يحرم صرف المواد العالقة التى ترفع درجة اللزوجة النوعية إلى أكثر من ١٠٠ ويجب ألا تزيد درجة الحرارة عن ٦٥ درجة مئوية . ويحرم صرف الحمأة المتخلفة من مصانع الاسيتيلين لما لها من قدرة على تكوين غازات قابلة للاشتعال بالإضافة إلى أنها تزيد كمية المواد العالقة الثقيلة .

عبارة عن أضرار تصيب الإنسان نتيجة احتواء هذه المتخلفات على غازات سامة وخائفة . وتأكل فى المواسير وأحواض التنقية . وتعطيل لعملية التنقية البيولوجية لاحتواء المياه على موارد سامة تؤثر على نشاط البكتيريا بأنواعها وامتلاء المواسير وفيضان أحواض التنقية عند صرف كميات كبيرة من المياه . ولتلافى حدوث مثل هذه الأضرار وضعت عدة شروط لا بد من توافرها قبل السماح بصرف متخلفات الصناعة فى مواسير المجارى . مثل ذلك الشروط التى وضعها الهيئة المشرفة على أعمال المجارى بولاية ميتشجان بالولايات المتحدة الأمريكية وهى كالتالى :

(١) السوائل القابلة للاشتعال :

يُمنع منعاً باتاً صرف المواد القابلة للانفجار أو الاشتعال والى تقل درجة اشتعالها عن ٨٦ درجة مئوية ، كما يحظر إلقاء الزيوت المعدنية والمواد القابلة للاحتراق فى مواسير المجارى .

(ب) المواد الصلبة والقابلة للترسيب :

تقل كمية المواد الصلبة كبيرة الحجم كالورق والحرق وخلافه فى متخلفات الصناعة عنها فى مياه المجارى العادية . ولذا فإن شبكات مواسير المجارى غالباً ماتصمم بحيث تستوعب مثل هذه المواد وبالتالي فلا خطر يذكر من وجودها فى إحدى متخلفات الصناعة المطلوب صرفها فى مواسير المجارى ومع ذلك فإنه من الأفضل دائماً التخلص من المواد الصلبة كبيرة الحجم بواسطة المصافى . وتنص اللوائح على ضرورة عدم إحتواء المياه على مواد غير قابلة للذوبان تحجز على منخل قياسى رقم ٨ أو التى يزيد أحد أبعادها عن نصف بوصة . كما تحرم هذه اللوائح أيضاً إلقاء المواد غير القابلة للذوبان التى يزيد وزنها النوعى عن ٣٦٥ (مثل رمل السكوارتز) نظراً لسرعة قابلية مثل هذه المواد للترسيب فى مواسير ومجمعات المجارى .

(ج) الأحماض :

نظراً لما تسببه الأحماض من تآكل المنشآت فإنه يحظر

وقد وجد أن الاستهلاك اليومي من البنجر في المصنع يتراوح بين ٧٥٠ ، ٢٠٠٠ طن يوميا حسب حجم المصنع . كما وجد أن كمية الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D. لمتخلفات مصنع يستهلك ١٠٠٠ طن من البنجر يوميا تكافئ كمية الأكسجين الحيوى المتخلف من مجموعة من السكان تتراوح بين ١٢٥٠٠٠ و ٢٣٠٠٠٠ نسمة كما أن العمل في المصنع يكون موسمياً أى ليس طول أيام السنة وغالباً ما يستغرق الثلاثة شهور الممطرة أو في أوائل فصل الشتاء . وتقدر كمية المياه التى تستخدم لنقل البنجر من مخازنه إلى المصنع بحوالى ٢٤٠٠ جالون (حوالى ١١ متر مكعب) لكل طن من البنجر وتحتوى هذه المياه على نسبة عالية من المواد العالقة شاملة الرمال والطين وتخلط هذه المياه مع مياه غسيل البنجر لتنقيتها معاً . وتمر هذه المياه على المصافي ذات الفتحات الضيقة ثم أحواض التصفية والراسب الرملى فأحواض الترسيب . ونادراً ما تستعمل الكيماويات المروية في أحواض الترسيب وذلك اقتصاداً فى التكاليف . ونظراً إلى أنه يتخلف عن هذه العملية كميات هائلة من المياه فإنه من دواعى الاقتصاد أيضاً إعادة استعمالها حتى لو اقتضى الأمر تعقيمها بالكlor .

وبالنسبة لعمليات التشغيل فإنه يتخلف منها مياه تتراوح كميتها بين ٤٠٠ و ٧٠٠ جالون للطن الواحد من البنجر المستعمل . وتتميز هذه المياه باحتوائها على نسبة عالية من المواد الصلبة العالقة والذائبة وعلى نسبة عالية من الـ B.O.D. وقد وجد أن إضافة الجير كمروب لمدة ٢٠ إلى ٣٠ — دقيقة يؤدى إلى التخلص من ٩٠٪ من المواد الصلبة العالقة ، ٤٥٪ من كمية الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D. وذلك فى أحواض الترسيب الابتدائية أما المياه المرسبة فيمكن إعادة استعمالها فى نفس العملية .

وبالنسبة لمياه التبريد فإنها تكون على درجة مقبولة من النقاوة ولا تحتاج إلى أحواض تنقية ، ولكن نظراً لأن هذه المياه تكون مرتفعة الحرارة بعض الشيء فإنها تحتاج إلى تبريد قبل إعادة استعمالها ، ومن المتخلفات الأخرى التى

التخلص من المواد الصلبة :

يمكن تلخيص مصادر المواد الصلبة المتخلفة من أى عملية تنقية فى الآتى :

الحماة المتخلفة من أحواض التصفية والراسب الرملى وأحواض الترسيب — متخلفات المصافي . متخلفات أحواض فصل الشحوم والزبوت الطافية . أقراص الحماة ومتخلفات أحواض تجفيف الحماة . وإذا روى التخلص نهائياً من هذه المواد فإن أنسب طريقة لذلك هو دفنها تحت سطح الأرض إلا أنه يتبين فى معظم الحالات ضرورة تقليل حجم هذه المتخلفات بأى طريقة وذلك لغرض الاقتصاد فى التكاليف . ويتم ذلك أما بطحن المواد الصلبة فى أجهزة التقطيع comminutor أو بغسل الحماة لاستبعاد المواد الذائبة وبالتالي إنقاص حجمها أو بتجفيف الحماة فى أحواض التجفيف .

طرق تنقية متخلفات بعض الصناعات :

يمكن تقسيم الصناعات المختلفة إلى أربعة أقسام رئيسية حسب تجانس وتشابه هذه الصناعات :

- (أ) الصناعات الغذائية .
- (ب) الصناعات المعدنية .
- (ح) الصناعات الكيماوية .
- (د) صناعات ذات طابع مخصوص .

(أ) الصناعات الغذائية :

١ — سكر البنجر :

يتخلف عن عملية استخلاص السكر من البنجر كميات هائلة من المياه المحتوية على نسبة عالية من المواد الصلبة والمواد العضوية الذائبة .

على نمو البكتريا اللازمة لعملية التنقية وإمدادها بالغذاء الكافى .

وفى المناطق الريفية فإن المتبع غالباً هو التخلص من هذه المخلفات باستعمالها فى الري وذلك بعد تخليصها من المواد الصلبة فى المصافى .

وإذا لم تتيسر هذه الطريقة . فتصرف المياه . بعد تصفيتها — إلى منخفضات قليلة العمق حيث يصير تنقيتها طبيعياً . وقد تبين فى بعض الحالات ضرورة إضافية نترات الصوديوم التى تمد المياه بالأوكسجين اللازم لأكسدة المواد العضوية ومنع التعفن والروائح الكريهة .

٣ — مصانع الألبان :

تشمل هذه المصانع وحدات صناعة الجبن والزبد والقشدة ووحدات تجفيف اللبن . ووحدات غسيل الزجاجات والتعبئة ومحطات التوزيع والاستقبال .

وتتكون مخلفات مصانع الألبان عادة من :

(أ) مياه الغسيل .

(ب) الفاقد من اللبن نتيجة التشغيل الرديء والتعبئة بطرق غير فنية .

(ج) المواد المتخلفة من عمليات التشغيل المختلفة وأهمها الشرش وزبد اللبن .

وتحتوى هذه المخلفات على مواد قلوية وكهاتويات وغالباً ما تكون المواد المسببة للتلوث فى صورة ذائبة أو غروية . ولذا فإنه لا فائدة من استعمال المصافى أو أحواض الترسيب كمرحلة تنقية ابتدائية . والطريقة المفضلة هى صرف المياه المتخلفة من مصانع الألبان إلى مواسير المجارى . . إذا كانت سعة الشبكة وتصريف المواسير يسمحان بذلك دون حدوث طفح أما إذا لم يتيسر ذلك فإن التنقية البيولوجية فى المرشحات الميكانيكية أو أحواض تنشيط الحمأة تعتبر أنسب الطرق للتنقية . وقد نجحت فكرة استعمال أحواض تجميع المخلفات وتهويتها لإحداث التعادل وتخفيف القلوية الزائدة

تلتج من مصانع سكر البنجر الرواسب المحتوية على الجير وهذه غالباً ما تخلط بالمخلفات السائلة وترفع معها إلى أحواض خاصة حيث تتعرض التنقية الطبيعية بالتهوية والترسيب . وقد استعملت هذه الطريقة فى كثير من مصانع سكر البنجر وإن كان يعيبها تعفن المواد الصلبة والراسبة وتصاعد روائح وغازات من شأنها إثارة الرواسب وتعكير المياه مما يجعلها غير صالحة للاستعمال . ولتلافي هذا العيب يصير كسح الرواسب وتطهير المستنقعات سنوياً . وتستخدم الحمأة المحتوية على رواسب جيرية كسماد زراعى ولتحسين خواص التربة .

٢ — مصانع التعبئة :

يرجع المصدر الرئيسى للمياه المتخلفة من كثير من مصانع التعبئة إلى عمليات غسيل وتنظيف الأطعمة وغسيل الأرضيات . وتحتوى هذه المياه على نسبة كبيرة من المواد الصلبة . ولذا فإن أنسب طريقة للتخلص من المواد الصلبة هى بالمعالجة فى المصافى كمرحلة تنقية ابتدائية . وكثيراً ما تستعمل المصافى الهزازة مقاس ١٠ إلى ٢٠ فتحة فى البوصة الطولية . ويلى هذه الخطوة مرحلة الترويق بالترويب . وذلك بإضافة الجير كمروب . وتتبع معظم الوحدات الجارى تشغيلها الآن طريقة الملء والتفريغ لأحواض الترسيب حيث تبين أن هذه الطريقة أفضل من طريقة السيّد المستمر فيما يختص بكفاءة الترسيب وتركيز الحمأة . وتبلغ مدة الترويب ٣٠ دقيقة ومدة الترسيب ساعتين . ومدة تصريف المياه والحمأة من ١ إلى ١ ½ ساعة . وتتراوح كمية الجير اللازمة للترويب بين ٥ و ١٠ رطل لكل ١٠٠٠ جالون مع عامل مساعد من أملاح الحديد أو الألومنيوم أو كلوريد الزنك . وقد وجد أن الحمأة الناتجة من هذه العملية يمكن أن تجف فى مدة وجيزة لا تتجاوز ٥ أو ٧ أيام . وتكون على درجة مقبولة من التخمر .

وجدير بالذكر أن التنقية البيولوجية الهوائية للمياه المتخلفة من مصافى التعبئة تعتبر غير مجدية نظراً لقصر مدة العملية (إذ أنها تتوقف على موسم الخضروات) مما لا يساعد

تشغيل أعشاب البيرة . ومن عملية إعادة الانتفاع من الحميرة ومياه الغسيل من المراحل المختلفة . ولا تكون هذه المتخلفات عالية التلوث ولهذا فإنه يصير صرفها في مواسير المجارى إن وجدت وإلا فإنها تعالج في المرشحات الميكانيكية .

٦ - متخلفات مصانع التقطير :

تحتوى هذه المتخلفات على بواقي حبيبية تتخلف من أعمدة التقطير - وغالباً ما تستعمل هذه المتخلفات كغذاء للحيوانات - بعد تجفيفها . أما المتخلفات السائلة فيمكن صرفها في المجارى المائية المكشوفة أو تنقيتها في المرشحات الميكانيكية .

٧ - متخلفات مصانع الأدوية :

تحتوى المتخلفات الناتجة من صناعة العقاقير الطبية ومضادات الحيوية كالبنسلين ومشتقاته على درجة تركيز عالية جداً من التلوث العضوى . ولذا فإنه لا يسمح بصرفها في مواسير المجارى .

ويتراوح معدل الأكسجين الحيوى الممتص لهذه المتخلفات بين ٢٥٠٠ ، ٥٠٠٠ جزء في المليون . وقد تبين في بعض الحالات أن الطريقة الوحيدة التى يمكن أن تعالج بها هذه المياه هى التبخير ثم حرق الرواسب كما نجحت طريقة التنقية اللاهوائية (التحليل) فى تخفيض معدل الأكسجين الحيوى الممتص بمقدار ٨٠٪ من قيمته الأصلية . ويتبع هذه العملية الترشيح فى مرشحات الرمل للوصول بمعدل الأكسجين الحيوى الممتص إلى حوالى ٣٥ - ٤٠ جزء في المليون . ويمكن استعمال بعض متخلفات صناعة البنسلين ومضادات الحيوية الأخرى كعنصر غذائى للحيوانات .

« يتبع »

لهذه الخلفات . كما تساعد التهوية على تخفيض درجة الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D وفى بعض الحالات يصير إضافة كمية من مياه المجارى إلى مخلفات مصانع الألبان لإمدادها بمختلف أنواع البكتيريا التى تنقصها واللازمة لأكسدة المواد العضوية - ثم معالجتها بعد ذلك فى المرشحات . . أو أحواض تنشيط الحمأة . . وتصرف المياه بعد تنقيتها إلى أى مجرى مائى أو قد تستخدم للرى كما تجفف الحمأة المتخلفة من عملية التنقية فى أحواض التجفيف .

٤ - المتخلفات المخوية على لحوم :

وتشمل مخلفات المذابج والسلخانات ووحدات تعبئة اللحوم وهى تحتوى على مواد عضوية عالقة وذائبة تسبب ارتفاعاً كبيراً فى كمية الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D لأى مياه تختلط بها . وهذه المواد عبارة عن بقايا اللحوم والدم والشحم والشعر . وتبلغ كمية الأكسجين الحيوى لهذه الخلفات حوالى ١٦٥٠٠٠ جزء فى المليون مما يدل على شدة تلوثها العضوى . ولتنقية هذه الخلفات لإمكان صرفها إلى مواسير المجارى أو المصببات المائية . يلزم معالجتها فى المصافى وأحواض الترسيب ويفضل استعمال المروبات الكماوية لتحسين الترسيب . ونظراً لارتفاع نسبة الشحم والمواد الكافية فإن تزويد الحوض بكاسحة للمواد الطافية يعتبر أمراً ضرورياً لمعالجة مثل هذه الخلفات .

أما مرحلة التنقية الثانية فتتم بنجاح فى المرشحات الميكانيكية إذ أمكن إزالة ٩٥٪ من معدل الأكسجين الحيوى الممتص . ولم تستعمل طريقة تنشيط الحمأة بالهواء المضغوط . . رغم ما تعطيه من نتائج تفوق فيها المرشحات الميكانيكية وذلك نظراً لارتفاع تكاليف إنشائها وصيانتها وما تحتاجه من رقابة مستمرة أثناء تشغيلها .

٥ - متخلفات مصانع البيرة :

تتكون هذه المتخلفات من السوائل المتخلفة من عملية

الألواح الارثوتروبية المستمرة

المرتكزة على ركائز مرنة

للكيوتوالمهندس كمال صسان

قوية وهذه تؤثر في توزيع الإجهادات باللوح المعدني ويمكن اعتبارها كركيزة مرنة وبذلك تصبح أرضية الكوبري عبارة عن لوح أرثوتروبي مستمر مرتكز على ركائز مرنة .

يقدم هذا البحث طريقة حل هذا اللوح وكمية حساب عزوم الإنحناء في حالة تعرضه لحمل متكافئ .

تمثل الألواح الأرثوتروبية عنصراً هاماً في كبارى الطرق الحديثة فقد استبدلت أرضية الكبارى العادية المكونة من كمرات طولية وعرضية فوقها بلاطة خرسانية بأرضية حديدية مكونة من لوح مقوى في الاتجاهين بأعصاب طولية وعرضية على مسافات ضيقة ومغطى بطبقة من الأسفلت . ويعمل بعد كل مجموعة من الأعصاب العرضية كمرّة عرضية

دوائر التحكم في الآلات الحاسبة الإلكترونية

جهاز الجمع

للدكتور المهندس نصيم ابرو طالب
والمهندس عبدالفتاح عبداللله

والعكس Negation وتسمى العمليات المنطقية الأساسية الثلاثة .

Three Basic Logical operations وهذه العمليات تختلف عن الجمع والطرح الجبري المعروف وإنما تخضع لقواعد جبرية أخرى وضع أسسها العالم George Boole .

ولكى يقوم جهاز الجمع بجمع الأعداد يجب أن يحتوى على كثير من الدوائر الأساسية الثلاثة Three basic gates . موصلة ببعضها بترتيب معين لذلك نجد أن جهاز الجمع يحتوى على عدد كبير قد يصل إلى آلاف من العناصر الإلكترونية — المكونة للدوائر الأساسية — كالصمامات الكهربائية والمقاومات وغيرها .

من أجل ذلك فإن الغرض من هذه الرسالة هو الوصول إلى تصميم لجهاز الجمع يستخدم أقل عدد من العناصر الإلكترونية .

محتويات البحث :

حتى يستطيع القارئ الملم بأساسيات الهندسة الكهربائية والأليكترونية قراءة الرسالة وفهمها احتوت الرسالة على المعلومات العامة عن الآلات الحاسبة الإلكترونية وشملت الآتى :

١ — نبذة تاريخية عن الآلات الحاسبة الإلكترونية تطورها وأنواعها الأساسية وأوجه الاختلاف بينها وبين الآلات الحاسبة الأليكترونية المكتبية Desk Calculators

مقدمة :

فقد أصبحت الآلات الحاسبة الأليكترونية تلعب دوراً كبيراً في مجال الأعمال التجارية والصناعية والإنتاج وذلك لما يوفره النظام الآلى من جهد وسرعة في إتمام العمليات الحسابة التى تحتاج إلى عدد كبير من الأفراد المتخصصين . ولما فى مجال العلوم والرياضيات وبحوث الفضاء فلقد أصبحت الآلات الحاسبة الأليكترونية من ضروريات الاستمرار فى التقدم والتطوير .

الغرض من البحث :

حيث إن الوحدة الحسابة Arithmetic unit من أهم الأجزاء التى تتكون منها الآلة الحاسبة الأليكترونية فالغرض من هذه الرسالة هو تعميم الجزء الهام من الوحدة الحسابة وهو جهاز الجمع .

جهاز الجمع عبارة عن مجموعة من الدوائر الكهربائية يمكن بواسطتها جمع وطرح الأعداد الحسابة . و عملية الجمع تعتبر أهم العمليات الحسابة حيث يمكن الوصول إلى كثير من العمليات الحسابة كالضرب والقسمة بواسطة تكرار عمليات الجمع والطرح .

لسهولة تصميم الآلات الحاسبة الأليكترونية وصيانتها فإن الوحدات الحسابة تتكون من ثلاثة دوائر أساسية تقوم بالعمليات الأساسية الثلاثة المنطقية والجمع والطرح

٦ — التفاصيل الكاملة لتصميم جهاز الجمع وذلك باستخدام الخواص الأليكترونية للصمامات الكهربائية مباشرة وتوصيلها بالطريقة المؤدية إلى النتيجة المطلوبة دون التقيد ببناء الدوائر المنطقية الأساسية الثلاثة . وبلى ذلك المقارنة بين عدد العناصر الأليكترونية التي استخدمت والعدد المستخدم في معظم الآلات الحاسبة الأليكترونية .

النتيجة :

أمكن الوصول إلى بناء جهاز الجمع باستخدام حوالي ٦٠٠ صمام كهربى بدلا من ٦٠٠ صمام تقريبا في معظم الآلات الحاسبة الأليكترونية .

٢ — نظام العد Number System المستخدم في الآلات الحاسبة الأليكترونية والذي يختلف عن النظام العشري المعروف .

٣ — دوائر التحكم الكهربائية المستخدمة في تحقيق العمليات الحسابية المنطقية الثلاثة السالفة الذكر والعناصر الأليكترونية المختلفة المستخدمة في ذلك .

٤ — القواعد الجبرية المستخدمة في دوائر التحكم والمعروفة بقواعده .

٥ — الأنواع المختلفة من جهاز الجمع المستخدمة في الآلات الحاسبة الأليكترونية حتى يمكن مقارنتها بالجهاز المصمم في هذه الرسالة .

تأثير اللحام في العوارض المركبة

المقطع على مدى تحملها للكلل

للكنور المهندس سوكيت عبدالقادر اسماعيل
والمهندس محمود عبدالجابر

درجة مئوية (وعلاقة سرعة تغيير هذا الجزىء إلى المكونات الأخرى بمستوى الحرارة الثابت الذى حدثت فيه عوامل التغيير . وانتقل البحث بعد ذلك إلى دراسة عوامل أخرى تنشأ أثناء عملية اللحام وهو التبريد التدريجى الحادث أثناء عملية اللحام للمنطقة الملحومة وما يصحب ذلك أحياناً من ظهور جزىء (المرتسيت والبينييت) اللذان يسببا ضعفاً في تحمل القطاعات للاجهادات المترددة .

وقد أجريت تجارب عديدة لمعرفة أحسن الطرق العملية التى يمكن استخدامها فى الصناعة فى حالة استعمال اللحام المتقطع بدون الإخلال بخواص المعدن فى منطقة أعلى إجهاد ، كما أن هناك تجارب أخرى أجريت لمعرفة تأثير الصدمات المصاحبة للترددات الواقعة على العوارض وهو ما يحدث عادة أثناء تشغيل الشاسيهات كما تعرض البحث أيضاً إلى تأثير رفع درجة حرارة العوارض قبل البدء فى عمليات اللحام . والنتائج العملية التى ظهرت تؤيدها الدراسة النظرية المعروضة فى هذا البحث ومنها استخلصت طريقة خاصة للحام تساعد على رفع جودة منطقة اللحام فى العوارض المركبة

يهدف البحث إلى دراسة بعض العوامل المؤثرة فى عمر القطاعات أو العوارض المعدنية المركبة بواسطة اللحام والمشكلة من قطاعات صلب طرى ، حيث إن هذا النوع هو المعتاد وجوده فى شاسيهات العربات ذات الخدمة الشاقة مثل عربات السكك الحديدية حيث تستخدم عمليات اللحام فى جميع أجزاء عوارضها .

وتتضمن هذه العوامل المؤثرة دراسة معدلات التبريد أثناء اللحام فى المنطقة الملحومة والمناطق المجاورة لها ، كما اشتمل البحث أيضاً دراسة المكونات التى تنتج من جزىء الصلب الطرى عند انتقاله من منطقة الاستنيت إلى أن تهبط درجة حرارته إلى مستوى درجة حرارة الجو العادية وذلك فى حالة وجود التعادل فى كل مرحلة من مراحل الانتقال

ويتبع ذلك دراسة ما يحدث لجزىء الاستنيت عند انتقاله فجأة من المنطقة ذات الحرارة العالية إلى مستوى حرارى ثابت تحت مستوى درجة الحرارة الحرجة (٧٢٥

تأثير بعض العوامل المرتبطة باسلوب اللحام بالضغط على البارد على لحام السفة لسراط الألمنيوم للدكتور المهندس مصطفى كمال عبدالعزیز

هذا الأسلوب في اللحام ، مثل تنظيف وتنشيط السطح المراد وصله ، ودرجة التشكيل اللدن التي تحقق أجود الوصلات ، ودرجة حرارة اللحام عند الضغط ، والزمن الذى يمكنه المعدن تحت تأثير الحرارة والضغط ، ودرجة تناسق الوضع البلورى في جزء المعدن ، ثم خرج من هذا بالنتيجة المحققة - والتي وصل إليها أيضاً أغلب الباحثين في الموضوع - وهى أن أهم شرط لتحقيق اللحام السليم هو الوصول بالمعدن إلى درجة معينة من التشكيل اللدن تحت الضغط في حالة تثبيت درجة الحرارة ، ومن هنا ظهرت أهمية دراسة العوامل التي تؤثر على تحقيق هذه الدرجة من التشكيل بأقل قوة ضغط ممكنة وعلاقة هذه العوامل ببعضها ، وإظهار النتائج على صورة منحنيات بيانية واستخلاص النتائج منها . وقد توصل إلى النتائج والتوصيات الآتية :

١ - يبدأ الالتحام ضعيفاً عند درجة من التشكيل اللدن تتراوح بين ٢٨٪ من السمك ١٥ م ، ٤٢٪ مع السمك ٣٠ م ، ثم يتحسن بسرعة مع تزايد درجة التشكيل حتى يصل إلى أقصى متانته عند درجة تشكيل تتراوح بين ٥٠٪ مع السمك ١٥ م وباستخدام الضاغطة الحلقى المسطح ، ٧٠٪ مع السمك ٣٠ م بصرف النظر عن نوع الضاغطة وزيادة التشكيل عن هذا الحد لا يحدث الكسر تحت تأثير القص في وصلة اللحام وإنما يتعداه إلى خارج حدود وصلة اللحام ويحدث تحت تأثير الشد مع التمزق .

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الشكل الهندسى لسطح ضواغط اللحام على قابلية المعدن للانسياب تحت تأثير الضغط - أى درجة التشكيل اللدن - في درجة حرارة الغرفة بغرض الوصول إلى أنسب شكل هندسى للضاغط الذى يعطى درجة التشكيل المثلى والتي تؤدي إلى أعلى قوة للحام باستخدام أقل إجهاد في الضغط حتى يمكن فتح مجال التطبيق العملي أمام هذا الأسلوب من اللحام ، كما يقوم بدراسة أثر العلاقة بين حجم الضواغط وسمك المعدن المراد وصله وذلك بتغيير سمك المعدن الموصول مع تثبيت نوع وحجم الضاغطة .

وقد أجريت الاختبارات العملية على شرائط من الألومنيوم النقي ٩٩.٥٪ بعرض ٢٠ م وطول ١٢٠ م وسمك ١٥ - ٢٠ - ٢٢.٥ - ٢٥٠ - ٢٧٥ - ٣٠٠ ملليمتر .

واستخدمت ضواغط لحام ذات ستة أشكال هندسية مختلفة : مستديرة مسطحة - مستديرة كروية بقطر صغير - مستديرة كروية بقطر كبير - حلقة مسطحة - مستطيلة مسطحة حادة الجوانب - مستطيلة مسطحة ملفوفة الجوانب .

وبعد عرض نتائج البحوث السابقة التي أجريت حول موضوع اللحام بالضغط سواء على البارد أو على الساخن ، تعرض البحث لشرح العوامل المختلفة التي تؤثر على نجاح

٤ — بالنسبة للضواغط المستطيلة الشكل وجد أن النتائج تكون أحسن إذا كان الضلع الأكبر للمستطيل موازياً لمحور العينة ، كما وجد أن درجة كفاءة استخدام الضغط تتحسن باستخدام الضاغط ذو الجوانب الحادة عنها في حالة الضاغط ذو الجوانب الملفوفة .

٥ — بالنسبة لأحسن أنواع الضواغط من ناحية الكفاءة ، وهو الضاغط الحلقي ، أعد رسماً بيانياً مجمماً للاستفادة منه عملياً ، وهو يبين العلاقات بين :

ضغط اللحام (موقعاً على تدرج لوغاريتمى) ونسبة ضغط اللحام إلى متانة الوصلة (موقعة على تدرج لوغاريتمى) وبين متانة الوصلة (موقعة على تدرج خطى) ودرجة التشكيل (موقعة على تدرج خطى) . كما وجد أن العلاقة بين نسبة ضغط اللحام إلى متانة الوصلة وبين متانة الوصلة عند توقيع الإثنين على مقاييس لوغاريتمية . تعطى خطوطاً مستقيمة بحيث يمكن إدماجها في معادلة أسية بسيطة .

وينتهى البحث بالتوصية بدراسة ظروف الضاغط الحلقي بطريقة مستفيضة بغرض الوصول إلى أحسن المقاسات لهذا الضاغط (نسبة القطر الخارجى وإلى القطر الداخلى مع تثبيت المساحة السطحية) بالنسبة لكل سمك من المعدن ، والتوصية كذلك بتجربة نوع جديد من الضواغط يعتقد المؤلف بأنه قد يعطى نتائج أفضل ، وهو أيضاً ضاغط حلقي مزود من الداخل بأعصاب متعامدة ليصبح سطح الضاغط على الهيئة « زرار » وسيقوم المؤلف بإجراء هذا البحث استكمالاً لما تحقق من النتائج في البحث الحالى بعد أن ظهر بوضوح تأثير شكل السطح الضاغط على كفاءة وجودة عملية اللحام .

٢ — العلاقة بين ضغط اللحام (عند توقيعه على تدرج لوغاريتمى) وبين درجة التشكيل (بتوقيعه على تدرج خطى) تعطى خطوطاً مستقيمة يمكن وضعها على شكل معادلة أسية ، وهذا الضغط يتزايد مع تزايد سمك المعدن ولكن بدرجة أقل ، كما يظهر من العلاقة بين نسبة أكثر الضغوط كفاءة إلى سمك المعدن وبين سمك المعدن ، إذ تعطى منحنيات تتناقص مع زيادة سمك المعدن فيما عدا حالة الضاغط الحلقي الذى يعطى قيمة ثابتة تقريباً مما يدل على تجانس انسياب المعدن فى هذا النوع من الضواغط عند نطاق سمك المعدن المستخدم فى التجارب .

٣ — بإدخال النسبة بين مقدار الضغط المستخدم فى اللحام وبين متانة الوصلة الملعومة للدلالة على درجة كفاءة اللحام ، أو درجة كفاءة استخدام ضغط اللحام ، وجد أى أقل نسبة (وهى تحدد أحسن الظروف للحام من ناحية أقل ضغط يعطى أعلى متانة عند أنسب درجة تشكيل) تتحقق مرة أخرى مع الضاغط الحلقي المسطح مع جميع درجات سمك المعدن المستخدمة ، يليها فى الجودة الضواغط : المستدير الكروى بقطر صغير ، المستدير المسطح ، المستطيل المسطح الحاد الجوانب — المستطيل المسطح الملفوف الجوانب فى حالة وجود الضلع الأكبر للمستطيل متوازيًا مع محور العينة ، ثم نفس الضاغط متعامداً على محور العينة ، وأخيراً الضاغط المستدير الكروى ذو القطر الكبير . ومع جميع أنواع الضواغط ، ما عدا الحلقي — وجد اتجاه عمومى إلى تحسن درجة كفاءة استخدام ضغط اللحام بتزايد سمك المعدن حتى النطاق الواقع بين ٢٧٥ ، ٣٠٠ مم ، مما يظهر وجود أثر لمعامل الحجم للضاغط بالنسبة لسمك المعدن مع هذه الضواغط .

Dr. MAHMOUD FAHMY ABDEL-GABER :

- B.Sc. (Mech. Eng.) 1958, Ain Shams University.
- M.Sc. (Mech. Eng.) 1963, Ain Shams University.
- Chief Engineer, wagon section, Semaf Company, Helwan.



Dr.-Ing. KAMAL HASSAN :

- B.Sc. (Hons.) "Civil Engineering", Cairo University, July 1955.
- Dr.-Ing., Structural Engineering, Stuttgart High Technical School (TH), July 1960.
- Lecturer, Structural Engineering Department, Ain Shams University.

ABOUT THE AUTHORS



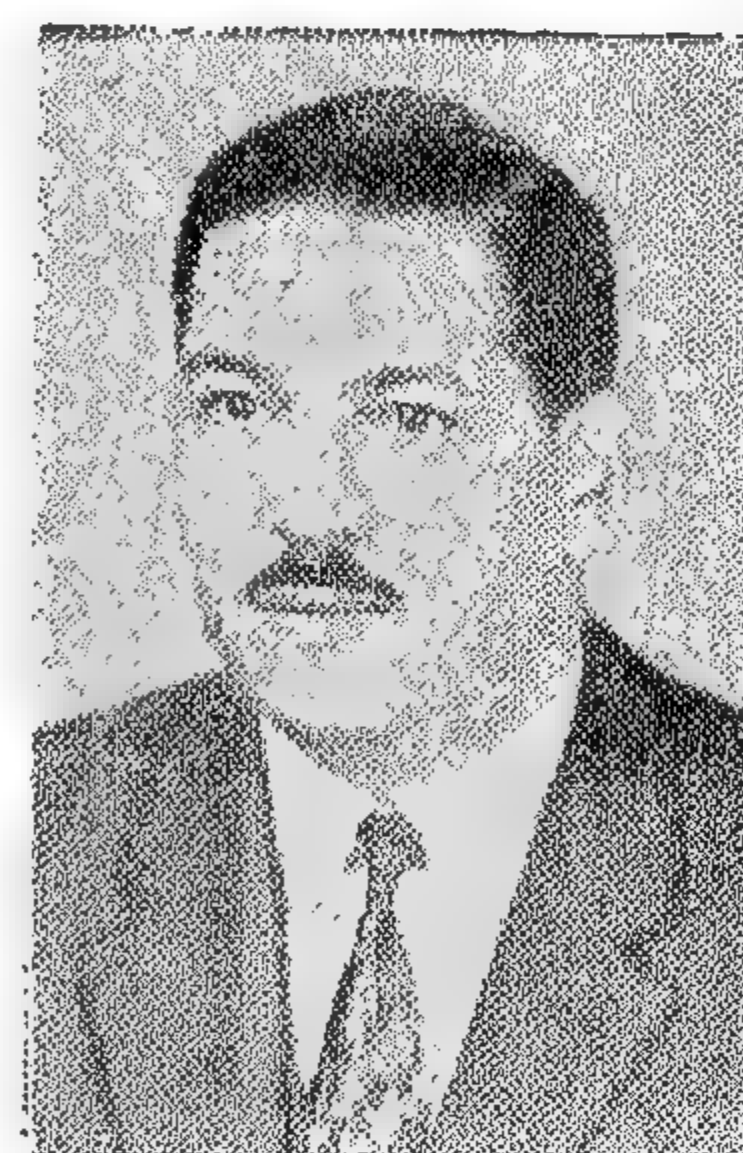
Dr. SHAWKAT A.K. ISMAIL

- B.Sc. Mech. Eng. 1949, University of Alexandria.
- M.Sc. Mech. Eng. 1952, University of Alexandria.
- Ph.D. Mech. Eng. 1956, University of Sheffield, England.
- Lecturer, Mech. Dept., Ain Shams University.



Dr. M. K. ABDEL AZIZ

- B.Sc. Mechanical Engineering, Alex. University, 1946.
- Dr. Sc. Techn. (E.T.H.), Zurich—Switzerland, 1952.
- Secretary General, Section of Production Engineering and Industry, Egyptian Engineer's Society (Cairo).
- Member of the American Society for Metals.
- Technical Advisor of the General Organization for Industrialization (Metallurgical Projects Department), Cairo, and Consultant for the Aluminium Smelter Project.
- Author of several papers in the Production Engineering Field.
- Assistant Professor, Production Engineering Department, Faculty of Engineering, Ain Shams University, Cairo.



CONCLUSION

In this research a method for the analysis of continuous orthotropic plate on elastic supports is presented . This method can also be applied for other cases of loading on the plate

From the calculated example it could be concluded that a considerable variation in the bending moments occurs in the plate due to the stiffer cross beams . The bending moments M_x in the cross rib beside the stiffer cross beam is decreased while that in the stiffer cross beam itself is increased . The bending moments M_y in the plate have positive and negative signs , thus totally different than that in a plate without stiffer cross beams

REFERENCES

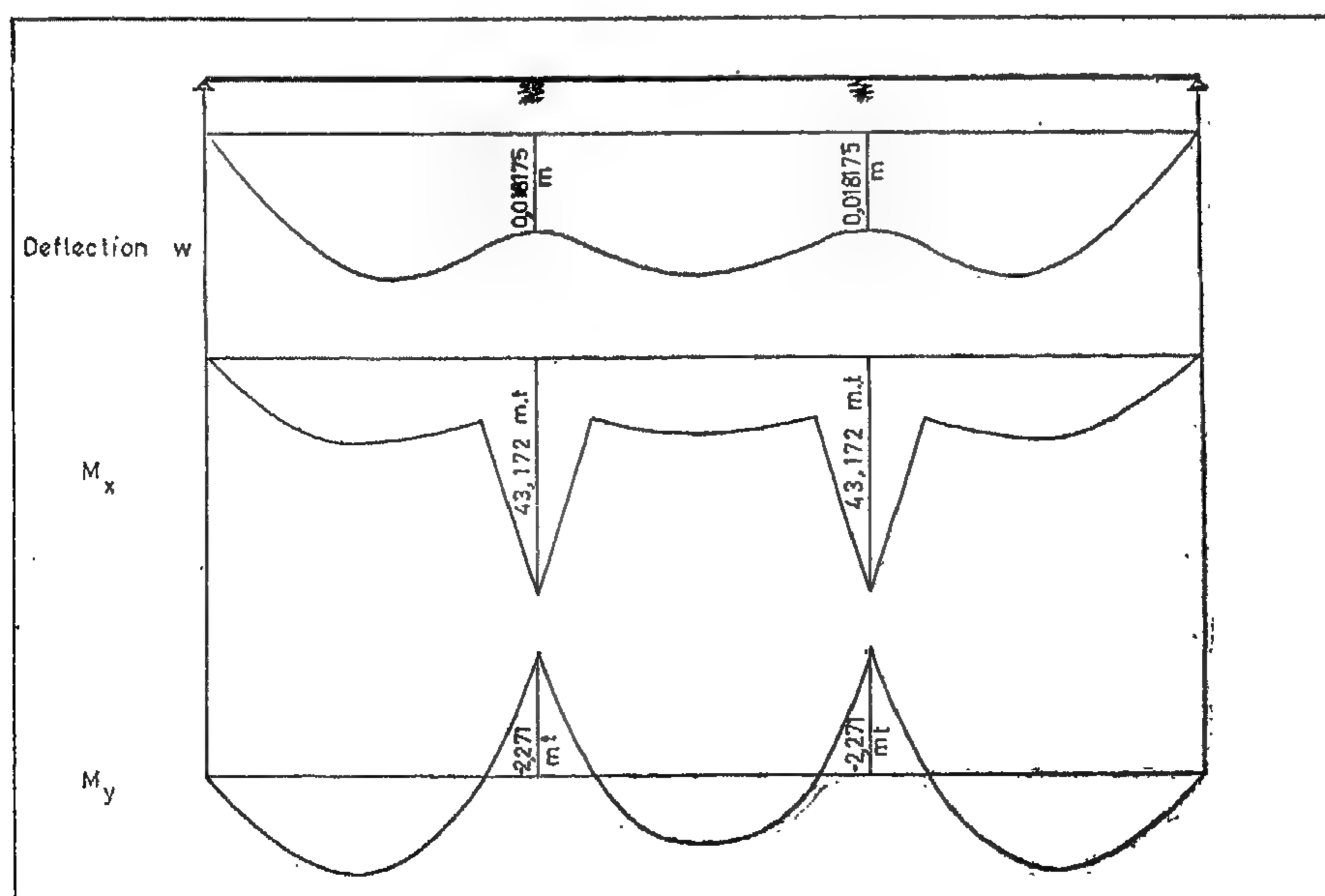
- 1- Cornelius, W. : Die Berechnung der ebenen Flächentragwerke mit Hilfe der Theorie der orthogonal anisotropen Platten. Der Stahlbau, vol. 21 (1952)
- 2- Mader, F.-W. : Berechnung orthotroper platten unter Flächenlasten, Randmomenten und Rand-durchbiegungen . Der Stahlbau , vol. 26 (1957)
- 3- PELIKAN, W. and Esslinger, M : Die Stahlfahrbahn, Berechnung und Konstruktion . M.A.N. Forschungsheft "N" 7, 1957
- 4- PELIKAN, W. : Die orthotrope platte der stahlfahrbahn . Stahlbau-Tagung , Hiedelberg , 1958
- 5- Glencke, E. : Die Berechnung von durchlaufenden Fahrbahnplatten. Der Stahlbau vol. 27 (1958)
- 6- Hassan, K. : Beitrag zur Berechnung von orthotropen platten mit veränderlichen Steifigkeiten, Dissertation, T.H. stuttgart (1960)

$$\hat{W} = \alpha^2 \cdot W$$

$$\hat{W} = \sin \alpha x \left[\begin{aligned} &-0,002\,663\,894 \cdot \cosh \eta \alpha (y - 2b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) \\ &+0,000\,671\,011 \cdot \sinh \eta \alpha (y - 2b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) \\ &-0,002\,343\,873 \cdot \cosh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \\ &-0,007\,640\,247 \cdot \sinh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - b_0) \\ &+0,007\,631\,028 \cdot \cosh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - b_0) \\ &+0,002\,350\,706 \cdot \sinh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \\ &-0,039\,164\,920 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y \\ &+0,016\,065\,435 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \\ &-0,016\,064\,385 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \\ &+0,039\,165\,680 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y \end{aligned} \right]$$

$$M_x, M_y \text{ at } x = \frac{l}{2} : \left[M_x = B_x (\hat{W} + \mu_y \cdot \tilde{W}) ; M_y = B_y (\tilde{W} + \mu_x \cdot \hat{W}) ; \mu_x = \mu_y = 0,3 \right]$$

Field	y	W meters	\hat{W}	\tilde{W}	M_x m.t/m	M_y m.t/m
I	0	0,025 824	- 0,001 740 335	- 0,001 305 374	+ 14,663	+ 1,288
	$\frac{b_0}{3}$	0,024 296	- 0,001 637 371	- 0,000 965 860	+ 13,731	+ 1,027
	$\frac{2b_0}{3}$	0,020 606	- 0,001 388 656	+ 0,000 342 479	+ 11,358	+ 0,052
	b_0	0,018 175	- 0,001 224 861	+ 0,003 588 471	+ 43,172	- 2,271
II	$\frac{4b_0}{3}$	0,021 286	- 0,001 434 495	+ 0,000 289 011	+ 11,749	+ 0,100
	$\frac{5b_0}{3}$	0,025 458	- 0,001 715 700	- 0,001 229 384	+ 14,441	+ 1,230
	$2b_0$	0,026 769	- 0,001 803 998	- 0,001 996 152	+ 15,358	+ 1,789
	$\frac{7b_0}{3}$	0,021 521	- 0,001 025 035	- 0,000 075 106	+ 11,425	+ 1,651
	$\frac{8b_0}{3}$	0,010 481	- 0,000 706 337	- 0,002 135 053	+ 8,532	+ 1,052



COMPLETE SOLUTION OF CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER ELASTIC SUPPORTS

FIELD I

$$K = 0,003\,205\,P_p = 0,014\,712$$

$$KA = 0,009\,274\,003$$

$$KD = 0,003\,945\,449$$

$$KE = -0,116\,681\,608$$

$$KF = 0,116\,676\,223$$

$$KG = 0,141\,930\,460$$

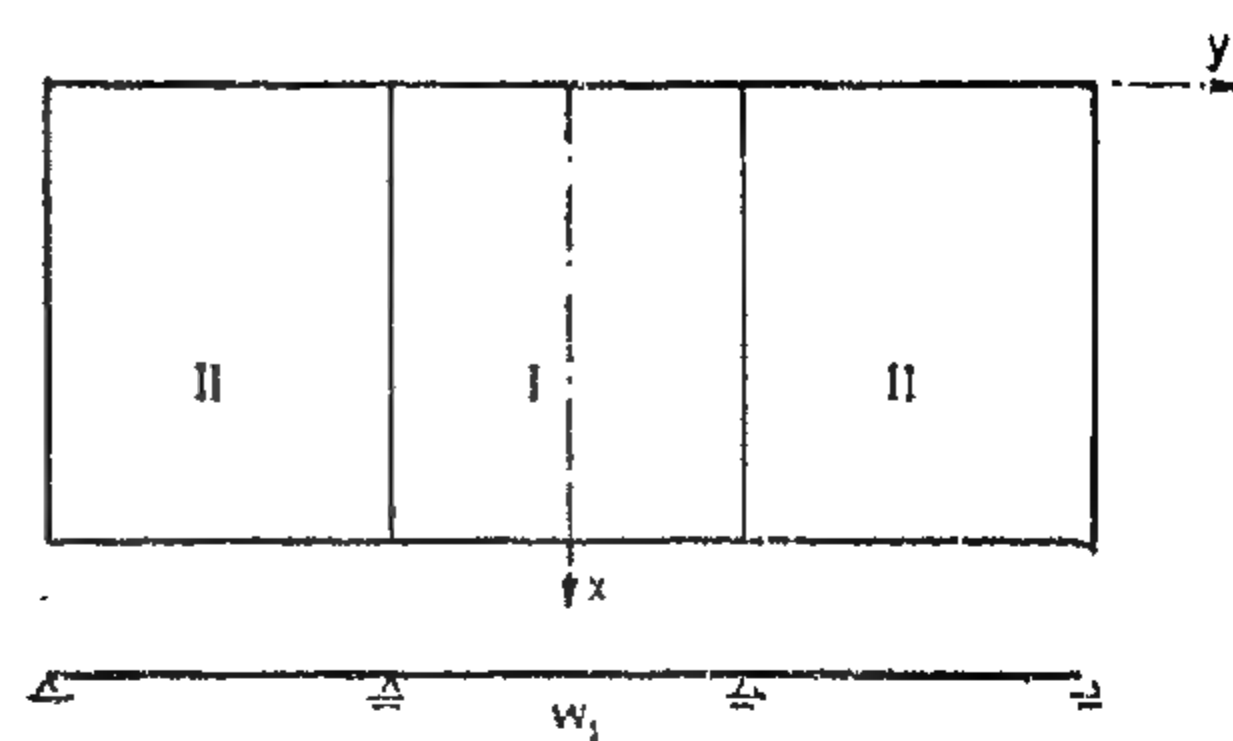
$$KH = -0,141\,926\,031$$

$$W = W_1 + W_2$$

$$W_1 = \sin \alpha x \left[0,034 - 0,017\,450\,203 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y - 0,007\,355\,221 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right]$$

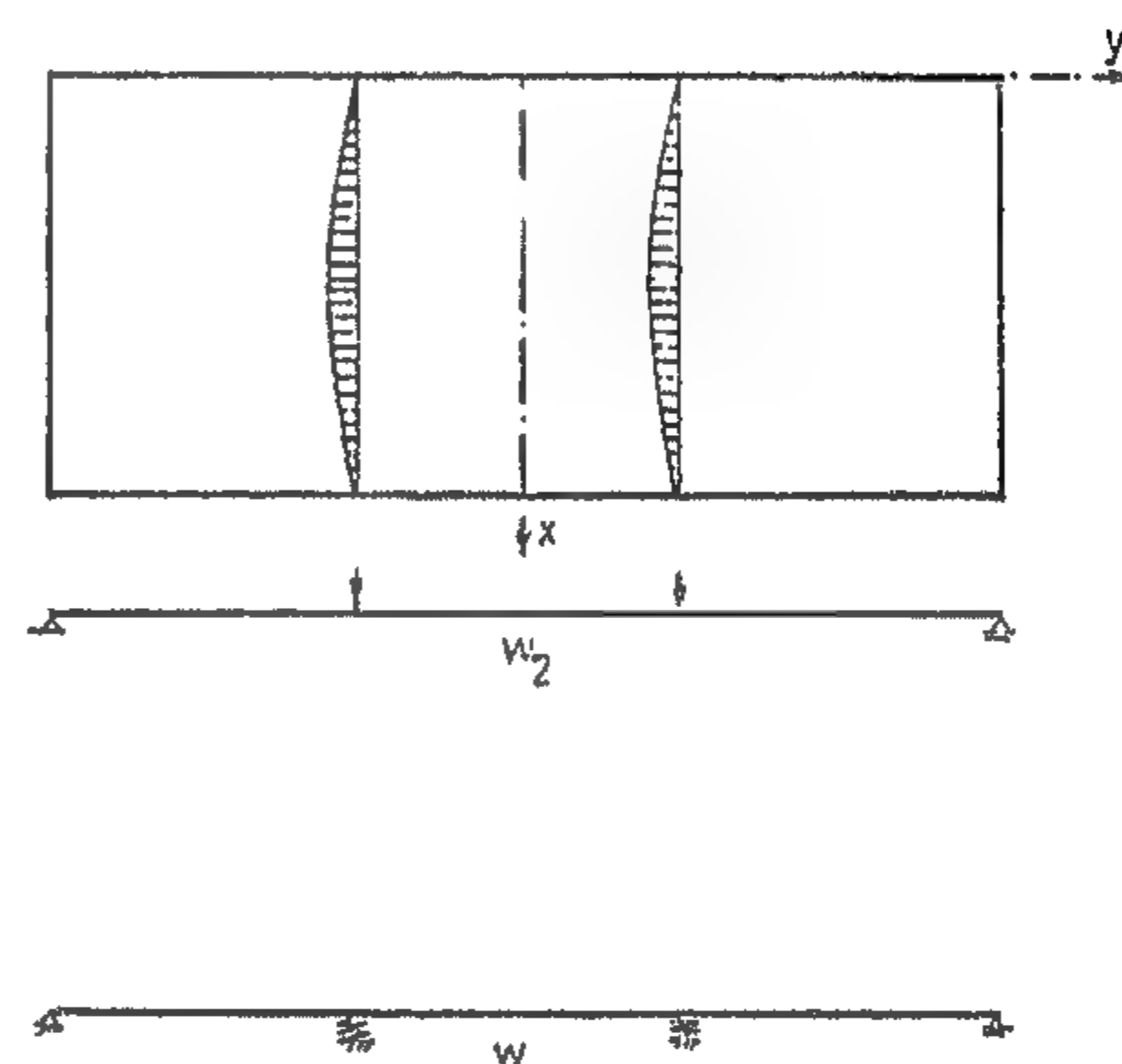
$$W_2 = \sin \alpha x \left[+ 0,009\,274\,003 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + 0,003\,945\,443 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right]$$

$$W = \sin \alpha x \left[0,034 - 0,008\,176\,200 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y - 0,003\,409\,772 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right]$$



FIELD II

$$W = \sin \alpha x \left[0,034 - 0,006\,187\,116 \cdot \cosh \eta \alpha (y - 2b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) \right. \\ \left. - 0,010\,192\,282 \cdot \sinh \eta \alpha (y - 2b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) \right. \\ \left. - 0,034\,686\,170 \cdot \cosh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right. \\ \left. - 0,000\,040\,116 \cdot \sinh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - b_0) \right. \\ \left. + 0,034\,656\,675 \cdot \sinh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right] \\ + \sin \alpha x \left[- 0,116\,681\,608 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y \right. \\ \left. + 0,116\,676\,223 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y \right. \\ \left. + 0,141\,930\,460 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right. \\ \left. - 0,141\,926\,031 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right]$$

BENDING MOMENTS M_x, M_y

FIELD I

$$W = \sin \alpha x \left[0,034 - 0,008\,176\,200 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y - 0,003\,409\,772 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right]$$

$$\ddot{W} = \alpha^2 W$$

$$\ddot{W} = \sin \alpha x \left[-0,001\,305\,374 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + 0,001\,569\,033 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right]$$

FIELD II

$$W = \sin \alpha x \left[0,034 - 0,006\,187\,116 \cdot \cosh \eta \alpha (y - 2b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) \right. \\ \left. - 0,010\,192\,282 \cdot \sinh \eta \alpha (y - 2b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) \right. \\ \left. - 0,034\,686\,170 \cdot \cosh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right. \\ \left. - 0,000\,040\,116 \cdot \sinh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - b_0) \right. \\ \left. + 0,034\,656\,675 \cdot \sinh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right. \\ \left. - 0,116\,681\,608 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right. \\ \left. + 0,116\,676\,223 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y \right. \\ \left. + 0,141\,930\,460 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right. \\ \left. - 0,141\,926\,031 \cdot \sinh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right]$$

RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER 2 LINE LOADS AT $y=b_0$

1st region : $0 < y < b_0$

$$W_1 = \sum K \sin ax (A \cosh 2\alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + D \sinh 2\alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y)$$

2nd region : $b_0 < y < 3b_0$

$$W_2 = \sum K \sin ax (E \cdot \cosh 2\alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + F \cdot \sinh 2\alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + G \cdot \cosh 2\alpha y \cdot \sinh \varphi \alpha y + H \cdot \sinh 2\alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y)$$

$$E = \frac{-2 \sin 6\omega (\frac{1}{\varphi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega + \frac{1}{\alpha} \cdot \sinh \alpha \cdot \sin \omega) - 2 \sinh 6\alpha (\frac{1}{\varphi} \cdot \sinh \alpha \cdot \sin \omega - \frac{1}{\alpha} \cosh \alpha \cdot \cos \omega)}{\cos 6\alpha + \cos 6\omega} = -7,931050$$

$$H = \frac{2 \sin 6\omega (\frac{1}{\varphi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega - \frac{1}{\alpha} \cdot \cosh \alpha \cdot \cos \omega) - 2 \sinh 6\alpha (\frac{1}{\varphi} \cdot \cosh \alpha \cdot \cos \omega + \frac{1}{\alpha} \sinh \alpha \cdot \sin \omega)}{6\alpha + \cos 6\omega} = -9,640957$$

$$\tilde{E} = -\frac{2}{\varphi} \cosh \alpha \cdot \sin \omega + \frac{2}{\alpha} \cdot \sinh \alpha \cdot \cos \omega = -8,561420$$

$$\tilde{H} = -\frac{2}{\varphi} \sinh \alpha \cdot \cos \omega - \frac{2}{\alpha} \cdot \cosh \alpha \cdot \sin \omega = -9,915136$$

$$A = \frac{E - \tilde{E}}{\sin \alpha} = 0,630370$$

$$D = \frac{H - \tilde{H}}{\sin \alpha} = 0,268179$$

$$F = \frac{2}{\varphi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega - \frac{2}{\alpha} \cdot \cosh \alpha \cdot \cos \omega = 7,930684$$

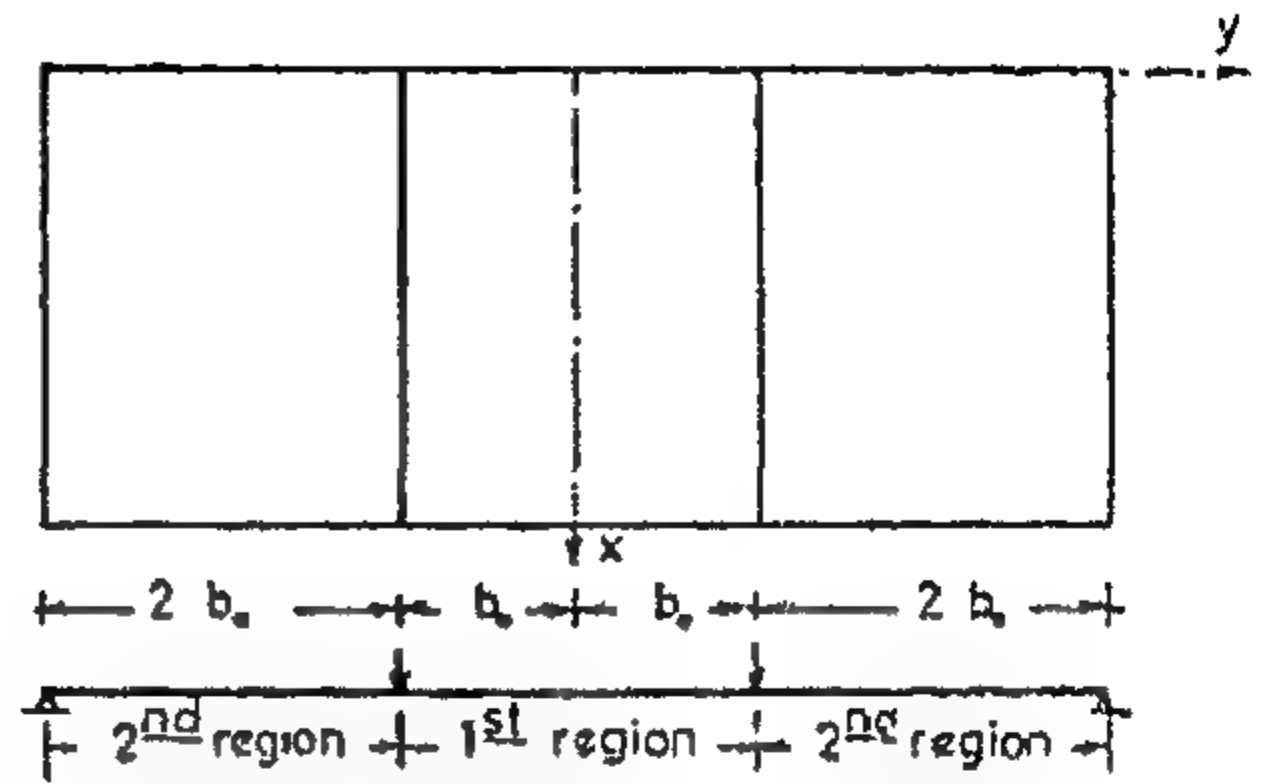
$$G = \frac{2}{\varphi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega + \frac{2}{\alpha} \sinh \alpha \cdot \sin \omega = 9,647258$$

$$W_{(y=b_0)} = \sum K \sin ax = 1,235380$$

$$K = \frac{P_0 \cdot l^3}{4\pi^3 \cdot B_x} \sqrt{\frac{B_x}{B_y}} = 0,003205 P_0$$

For : $n=1$

$$W_{(y=b_0)} = 0,003960 \cdot \sin ax \cdot P_0$$



CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER ELASTIC SUPPORTS

$$\text{Deflection of stiffer beam: } W_b = \frac{P_0 \cdot l^4}{\pi^4 \cdot E I_b} \cdot \sin ax = 0,004452 \sin ax \cdot P_0$$

$$\text{At } Y=b_0 : W_{\text{plate}} = W_{\text{beam}}$$

$$\text{or } 0,003960 \cdot \sin ax \cdot P_0 = 0,004452 \cdot \sin ax \cdot P_0$$

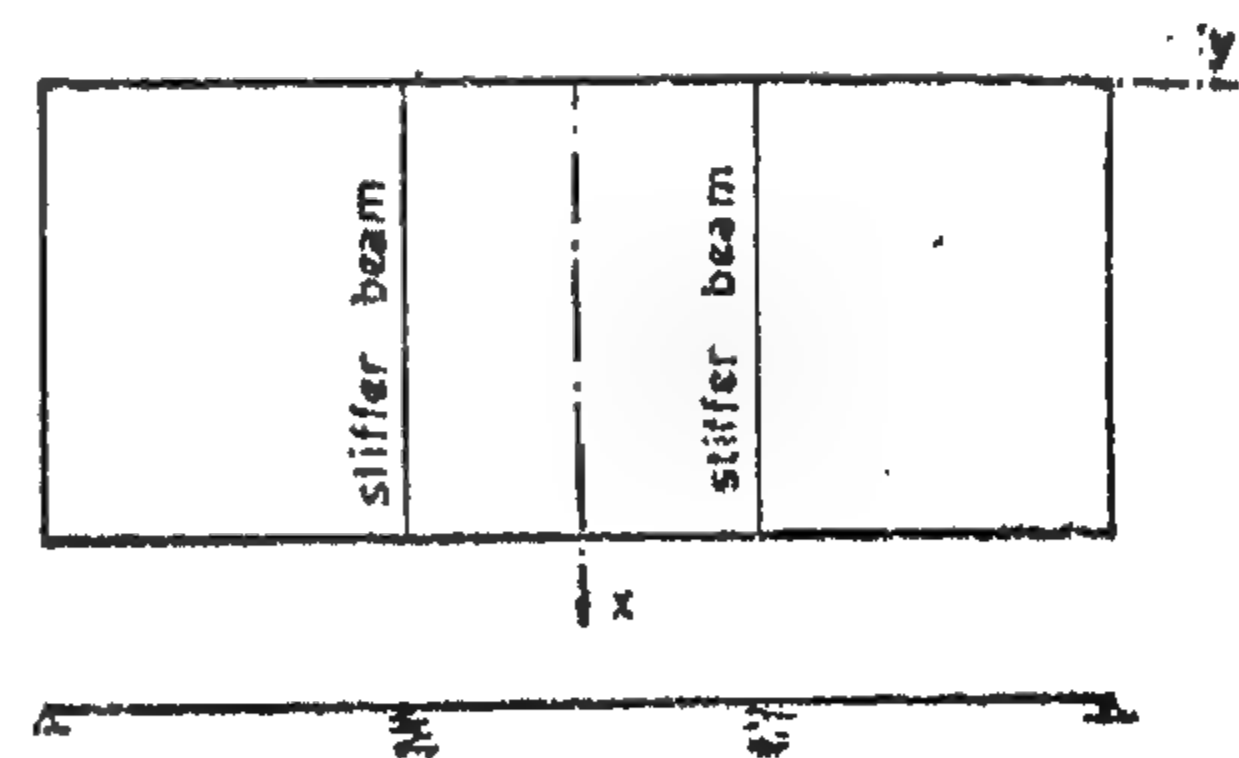
$$P_0 = 1,124242 \cdot P_0$$

$$\text{At } y=b_0 : \bar{q}_y = P_0 + P_b$$

$$8,673471 \cdot \sin ax = 2,124242 P_0$$

$$\text{or : } P_b = 4,083090 \cdot \sin ax$$

$$P_b = 4,590381 \cdot \sin ax$$



COMPLETE SOLUTION FOR CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER RIGID SUPPORTS

FIELD I

$$W_1 = \sum \sin \alpha x \left[K_0 + K_0 A_1 \cosh \eta \alpha y + K_0 D_1 \sinh \eta \alpha y \sin \varphi \alpha y \right]$$

$$= \sum \sin \alpha x \left[0.034 - 0.017450203 \cdot \cosh \eta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y - 0.007355221 \sinh \eta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right]$$

$$\bar{q}_{Y(y=b_0)} = \sum K_0 \sin \alpha x \left[\bar{A}_1 \cosh \eta \alpha \cdot \sin \omega + \bar{B}_1 \sinh \eta \alpha \cdot \cos \omega \right]$$

$$\text{Where: } \bar{A}_1 = B_Y \cdot \alpha^3 \left[-A_1 \varphi (3\eta^2 - \varphi^2) + D_1 \eta (\eta^2 - 3\varphi^2) \right] - \left[d^2 \alpha (B_Y \mu_x + 4C) (-A_1 \varphi + D_1 \eta) \right]$$

$$\bar{B}_1 = B_Y \cdot \alpha^3 \left[A_1 \eta (\eta^2 - 3\varphi^2) + D_1 \varphi (3\eta^2 - \varphi^2) \right] - \left[d^2 \alpha (B_Y \mu_x + 4C) (A_1 \eta + D_1 \varphi) \right]$$

$$K_0 \bar{A}_1 = +1.456626$$

$$K_0 \bar{B}_1 = -0.161554$$

$$\bar{q}_{Y(y=b_0)} = +4.334978 \sin \alpha x \quad (n=1)$$

FIELD II

$$W_2 = \sum K_0 \sin \alpha x \left[1 + A_n \cosh \eta \alpha (y - 2b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) + D_n \sinh \eta \alpha (y - 2b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) + \bar{K} \cdot B_m \cosh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) + \bar{K} \cdot C_m \sinh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - b_0) + \bar{K} \cdot D_m \sinh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right]$$

$$W_2 = \sum \sin \alpha x \left[0.034 - 0.006187116 \cdot \cosh \eta \alpha (y - 2b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) \right. \\ \left. - 0.010192282 \cdot \sinh \eta \alpha (y - 2b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) \right. \\ \left. - 0.034686170 \cdot \cosh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right. \\ \left. - 0.000040116 \cdot \sinh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right. \\ \left. + 0.034676170 \cdot \cosh \eta \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right]$$

$$\bar{q}_{Y(y=b_0)} = \sum \sin \alpha x \cdot K_0 \left[\bar{A}_2 \cosh \eta \alpha \cdot \sin \omega + \bar{B}_2 \sinh \eta \alpha \cdot \cos \omega + \bar{C}_2 \right]$$

Where:

$$\bar{A}_2 = B_Y \cdot \alpha^3 \left[A_n \varphi (3\eta^2 - \varphi^2) - D_n \eta (\eta^2 - 3\varphi^2) \right] - d^2 \alpha (B_Y \mu_x + 4C) (A_n \varphi - D_n \eta)$$

$$\bar{B}_2 = B_Y \cdot \alpha^3 \left[A_n \eta (\eta^2 - 3\varphi^2) + D_n \varphi (3\eta^2 - \varphi^2) \right] + d^2 \alpha (B_Y \mu_x + 4C) (A_n \eta + D_n \varphi)$$

$$\bar{C}_2 = B_Y \cdot \alpha^3 \left[B_m \varphi (3\eta^2 - \varphi^2) + C_m \eta (\eta^2 - 3\varphi^2) \right] - d^2 \alpha (B_Y \mu_x + 4C) (B_m \varphi + C_m \eta)$$

$$K_0 \bar{A}_2 = -0.735436$$

$$K_0 \bar{B}_2 = +0.548112$$

$$K_0 \bar{C}_2 = -2.472094$$

$$\bar{q}_{(y=b)} = -4.338943 \sin \alpha x \quad (n=1)$$

Reaction of intermediate support from fields I, II

$$\bar{q}_{(y=b)} I, II = (4.334978 + 4.338493) \sin \alpha x$$

$$= 8.673471 \sin \alpha x$$

RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER EDGE MOMENTS\FIELD I

$$A_m = \frac{-1}{8 B_y} \cdot \frac{2 \sinh \alpha \cdot \sin \omega}{\cosh 2 \alpha \cdot \cos 2 \omega} = -0,000482353$$

$$D_m = \frac{1}{8 B_y} \cdot \frac{2 \cosh \alpha \cdot \cos \omega}{\cosh 2 \alpha \cdot \cos 2 \omega} = +0,000121500$$

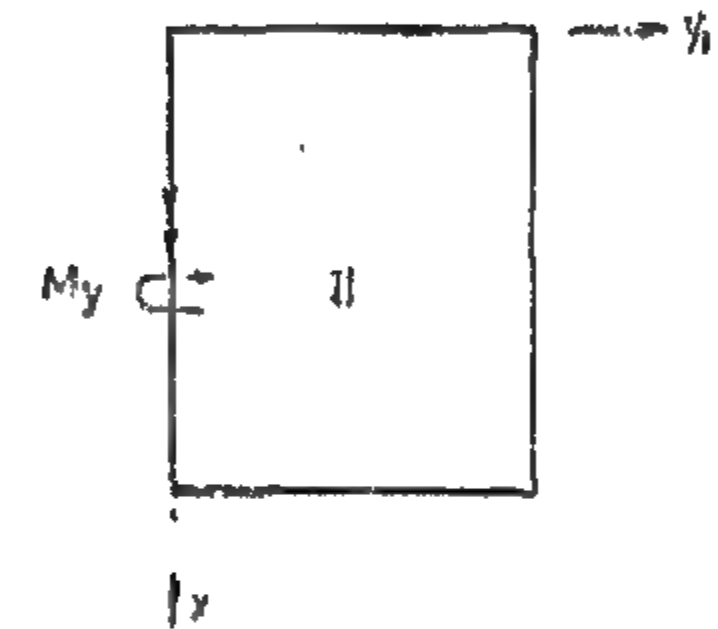
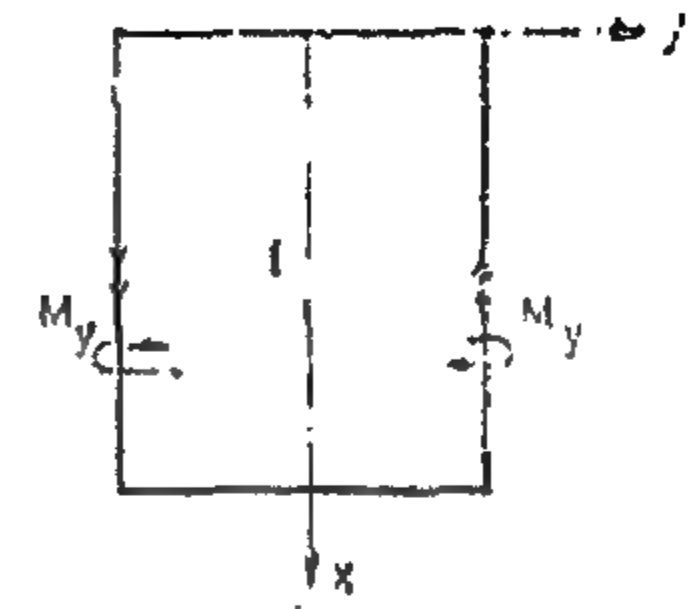
FIELD II

$$A_{m_1} = 0$$

$$B_{m_1} = \frac{-1}{8 B_y} \cdot \frac{\sin 2 \omega_1}{\cosh 2 \alpha_1 - \cos 2 \omega_1} = -0,00148547$$

$$C_{m_1} = \frac{1}{8 B_y} \cdot \frac{\sin 2 \omega_1}{\cosh 2 \alpha_1 - \cos 2 \omega_1} = -0,000001718$$

$$D_{m_1} = \frac{1}{8 B_y} = 0,00148421$$

SLOPE ANGLES DUE TO UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

$$\begin{aligned} \tau_{0I} &= \frac{4 P l^4}{\pi^5 B_y} \cdot \alpha \sum \frac{\sin \alpha x}{n^5} \left[(-A_n \varphi + D_n \psi) \cosh \alpha \cdot \sin \omega + (A_n \psi + D_n \varphi) \sinh \alpha \cdot \cos \omega \right] \\ &= -0,0102875 \cdot \sin \alpha x \quad (n=1) \end{aligned}$$

$$\tau_{0II} = +0,0102875 \cdot \sin \alpha x$$

SLOPE ANGLES DUE TO EDGE MOMENTS

$$\tau_{mI} = \sum K_m \cdot \sin \alpha x \cdot \alpha \left[(-A_m \varphi + D_m \psi) \cosh \alpha \cdot \sin \omega + (A_m \psi + D_m \varphi) \sinh \alpha \cdot \cos \omega \right]$$

$$= +0,000458291 \cdot K_m \cdot \sin \alpha x \quad (n=1)$$

$$\tau_{mII} = \sum K_m \cdot \sin \alpha x \cdot \alpha (B_{m1} \cdot \varphi + C_{m1} \cdot \psi)$$

$$= -0,000422854 \cdot K_m \cdot \sin \alpha x \quad (n=1)$$

CONDITION OF CONTINUITY OF THE ELASTIC SURFACE

$$\tau_{0I} + \tau_{mI} = \tau_{0II} + \tau_{mII}$$

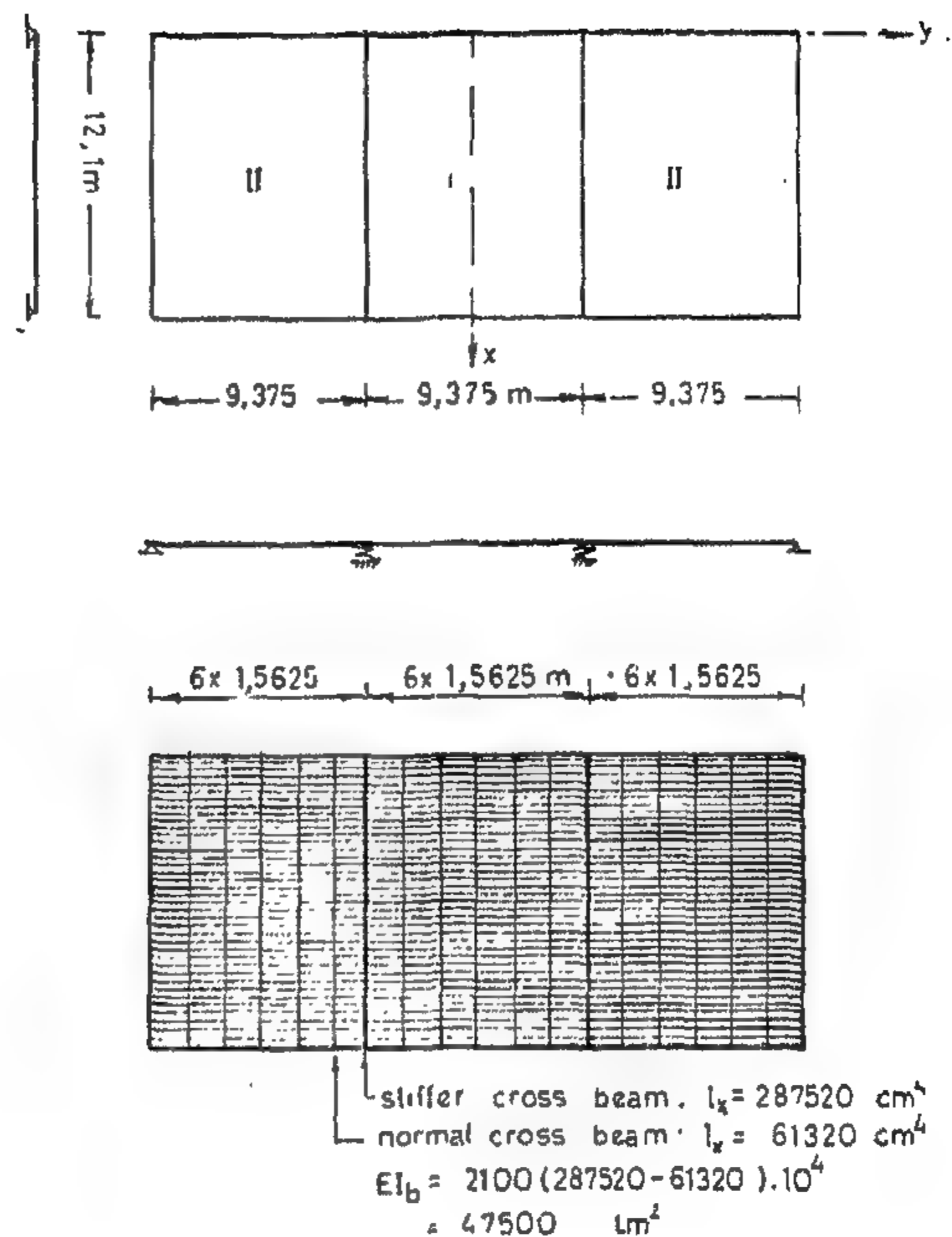
From which we get :

$$K_m = 23,350300$$

$$\text{Moment at support} = M_y = \sum K_m \cdot \alpha^2 \cdot \sin \alpha x = 5,38 \cdot \sin \alpha x \quad (n=1)$$

EXAMPLECONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER ELASTIC SUPPORTS UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOADCONSTANTS

$$\begin{aligned}
 l &= 12,10 \text{ m} \\
 2b &= 9,375 \text{ m} \\
 B_x &= 8240 \text{ t.m} \\
 B_y &= 705 \text{ t.m} \\
 EI_b (\text{stiffer beam}) &= 47500 \text{ t.m} \\
 H &= \alpha \sqrt{B_x B_y}, \alpha \text{ is taken } = 0,294394 \\
 a &= \frac{n \cdot \pi}{l} = 0,2596 \text{ n} \\
 \alpha &= a \sqrt{\frac{B_x}{B_y}} = 0,48 \text{ n} \\
 \mu &= \sqrt{\frac{1}{2}(1+\alpha)} = 0,804485 \\
 \varphi &= \sqrt{\frac{1}{2}(1-\alpha)} = 0,593972 \\
 \omega &= \mu^2 - \varphi^2 = 0,294394 \\
 \delta &= 2 \mu \varphi = 0,955683 \\
 \frac{\mu}{\delta} &= 0,308046 \\
 \mu \cdot \alpha &= 0,386153 \text{ n} \\
 \varphi \cdot \alpha &= 0,285107 \text{ n} \\
 \frac{1}{\delta \cdot B_y} &= 0,001484 \\
 \omega &= \mu \cdot \alpha \cdot b_0 = 1,81 \text{ n} \\
 \omega &= \varphi \cdot \alpha \cdot b_0 = 1,336439 \text{ n}
 \end{aligned}$$

For $n=1$:

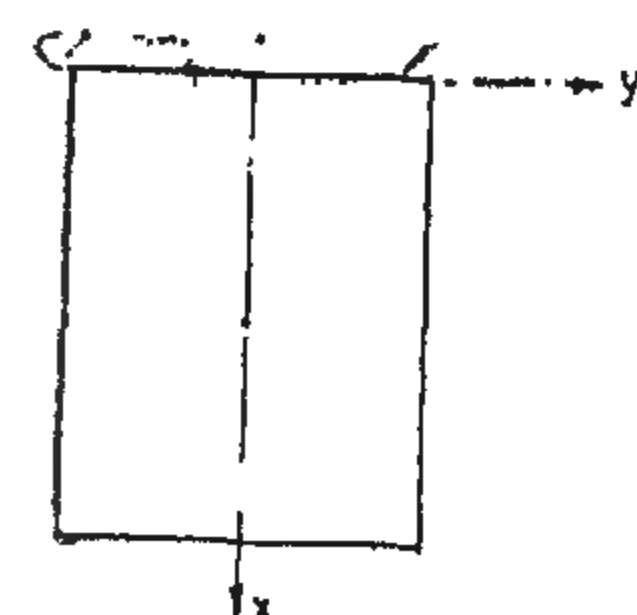
$$\begin{aligned}
 \sinh \mu &= 2,97477 & \sin \omega &= 0,97265 \\
 \cosh \mu &= 3,138496 & \cos \omega &= 0,23222 \\
 \sinh 2\mu &= 18,670526 & \sin 2\omega &= 0,45128 \\
 \cosh 2\mu &= 18,697426 & \cos 2\omega &= -0,89127 \\
 \sinh 2\mu_1 &= 697,047 & \sin 2\omega_1 &= -0,80619 \\
 \cosh 2\mu_1 &= 697,047 & \cos 2\omega_1 &= 0,59815 \\
 2\mu_1 &= 4\mu & 2\omega_1 &= 4\omega \\
 \cosh \mu \cdot \cos \omega &= 0,728822 \\
 \cosh \mu \cdot \sin \omega &= 3,052658 \\
 \sinh \mu \cdot \cos \omega &= 0,690801 \\
 \sinh \mu \cdot \sin \omega &= 2,893410
 \end{aligned}$$

RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD $p=1 \text{ t/m}^2$ FIELDS I, II

$$A_n = \frac{2}{\pi^2} \frac{\sinh \mu \cdot \sin \omega + \cosh \mu \cdot \cos \omega}{\cosh 2\mu + \cos 2\omega} = -0,181974$$

$$B_n = 2 \frac{\cosh \mu \cdot \cos \omega - \sinh \mu \cdot \sin \omega}{\cosh 2\mu + \cos 2\omega} = -0,299773$$

$$K_0 = \frac{4 p l^4}{\pi^5 \cdot B_x} = 0,034$$



7) CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER ELASTIC SUPPORTS UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

At the position of the elastic support (stiffer beam, see page 1) two conditions should be fulfilled:

1- For the continuity of the elastic line:

$$w_{\text{plate}} = w_{\text{beam}}$$

2- For the equilibrium of an element of the plate over the elastic support

$$\bar{q}_{y=b_0} = p_p + p_b$$

where:

$\bar{q}_{y=b_0}$: Total reaction at edge $y=b_0$ from the fields I, II

p_p : Loading on plate causing its deflection w_p

p_b : $EI_b \cdot w'''' =$ Loading on beam causing its deflection w_b

1- At first the plate will be solved as a continuous plate over rigid supports. An expression for the deflection w is obtained. The total reaction at the intermediate support is determined.

$$\bar{q}_{y=b_0} = \bar{q}_l + \bar{q}_r, \text{ fig.(a)}$$

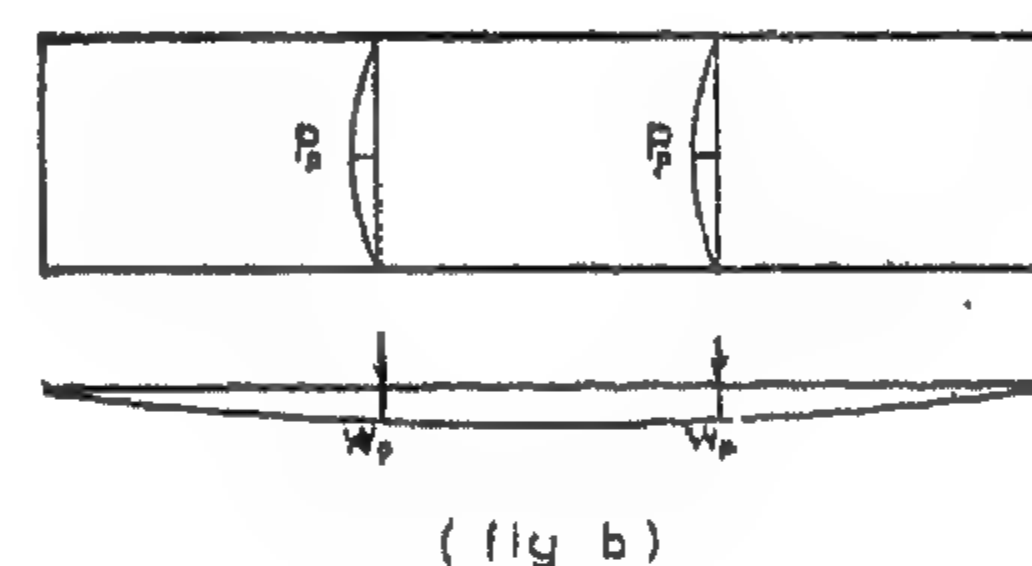
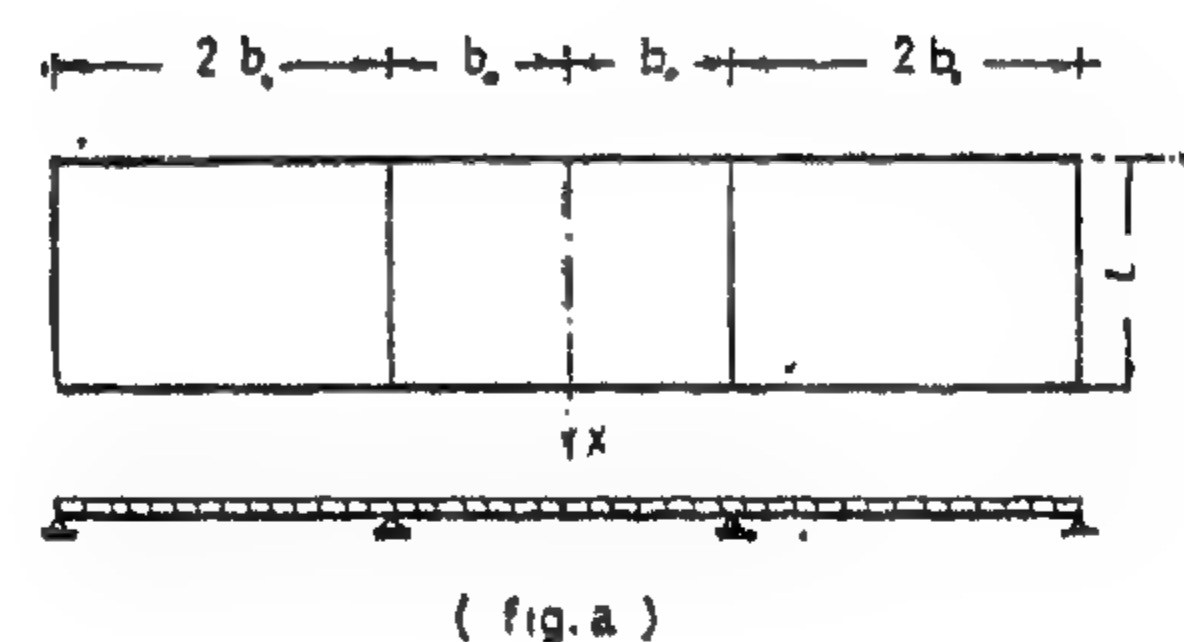
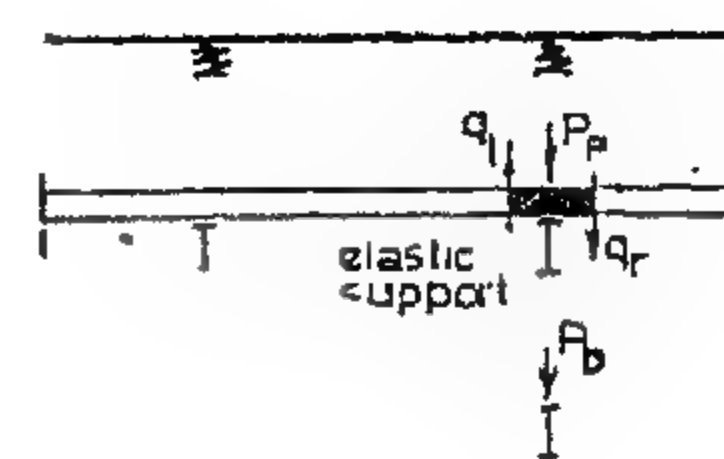
2- The deflection of the plate w_p in fig.(b) at the position $y=b_0$ is obtained as function of the load p_p .

3- The deflection of the stiffer beam w_b is determined as function of the loading p_b .

4- From the two conditions of the elastic support p_p, p_b could be determined.

5- The total deflection of the continuous plate over elastic supports will be the sum of the deflections of the plate in fig.(a) and the deflection of the plate in fig.(b).

Knowing the deflection, the bending moments M_x, M_y could be determined.



$$\begin{aligned}
 A_1 &= b_0 \\
 w'' &= -a^2 \alpha \sum K_0 \sin ax \left[(A_n \varphi - D_n \psi) \cosh \alpha \cdot \sin \omega - (A_n \psi + D_n \varphi) \sinh \alpha \cdot \cos \omega + K' (B_{m_1} \varphi + C_{m_1} \psi) \right] \\
 \bar{q}_{2y}(y=b_0) &= B_y \cdot w'' + (B_y \mu_x + 4C) w''' \\
 &= \sum K_0 \sin ax \left[\bar{A}_2 \cosh \alpha \cdot \sin \omega + \bar{B}_2 \sinh \alpha \cdot \cos \omega + \bar{C}_2 \right]
 \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned}
 \bar{A}_2 &= B_y \cdot \alpha^3 \left[A_n \varphi (3\psi^2 - \varphi^2) - D_n \psi (\psi^2 - 3\varphi^2) \right] - \left[a^2 \alpha (B_y \mu_x + 4C) (A_n \varphi - D_n \psi) \right] \\
 \bar{B}_2 &= -B_y \cdot \alpha^3 \left[A_n \psi (\psi^2 - 3\varphi^2) + D_n \varphi (3\psi^2 - \varphi^2) \right] + \left[a^2 \alpha (B_y \mu_x + 4C) (A_n \psi + D_n \varphi) \right] \\
 \bar{C}_2 &= B_y \cdot \alpha^3 K' \left[B_{m_1} \varphi (3\psi^2 - \varphi^2) + C_{m_1} \psi (\psi^2 - 3\varphi^2) \right] - \left[a^2 \alpha K' (B_y \mu_x + 4C) (B_{m_1} \varphi + C_{m_1} \psi) \right]
 \end{aligned}$$

The reactions \bar{q}_{1y} and \bar{q}_{2y} could be written in the form:

$$\bar{q}_{1y}(y=b_0) = \sum \bar{K}_1 \sin ax$$

$$\bar{q}_{2y}(y=b_0) = \sum \bar{K}_2 \sin ax$$

Total reaction at edge $y=b_0$ from fields I, II

$$\begin{aligned}
 \bar{q}_{1y=b_0} &= \sum (\bar{K}_1 - \bar{K}_2) \sin ax \\
 &= \sum \bar{K} \sin ax
 \end{aligned}$$

(I) RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER TWO LINE LOADS AT $y=\pm b_0$

The constants of integration of a rectangular orthotropic plate simply supported on two sides and has two edge beams of known stiffness on the other two sides, subjected to two symmetrical line loads are given by W. Cornelius

1st region: $0 < y < b_0$

$$w_1 = \sum K \sin ax (A \cosh \psi \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + D \sinh \psi \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y)$$

2nd region: $b_0 < y < 3b_0$

$$w_2 = \sum K \sin ax (E \cosh \psi \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + F \sinh \psi \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + G \cosh \psi \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y + H \sinh \psi \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y)$$

$$\begin{aligned}
 N \cdot E &= 2 \left[2\frac{\psi}{\varphi} \sin 6\omega + \frac{3\psi^2 - \varphi^2}{\varphi} (1 - \cos 6\omega) - 4\psi \right] \left[-\frac{1}{\varphi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega - \frac{1}{\psi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega \right] + 2 \left[2\frac{\psi}{\varphi} \sinh 6\alpha + \frac{3\psi^2 - \varphi^2}{\varphi} (\cosh 6\alpha - 1) + 4\psi \right] \left[-\frac{1}{\varphi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega + \frac{1}{\psi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega \right] \\
 N \cdot H &= 2 \left[2\frac{\psi}{\varphi} \sin 6\omega - \frac{3\psi^2 - \varphi^2}{\varphi} (1 + \cos 6\omega) + 4\psi \right] \left[\frac{1}{\varphi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega - \frac{1}{\psi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega \right] + 2 \left[2\frac{\psi}{\varphi} \sinh 6\alpha + \frac{3\psi^2 - \varphi^2}{\varphi} (\cosh 6\alpha + 1) - 4\psi \right] \left[-\frac{1}{\varphi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega + \frac{1}{\psi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega \right]
 \end{aligned}$$

$$F = \frac{2}{\varphi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega - \frac{2}{\psi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega$$

$$G = \frac{2}{\varphi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega + \frac{2}{\psi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega$$

$$N = 2\frac{\psi}{\varphi} (\cosh 6\alpha + \cos 6\omega) + \frac{3\psi^2 - \varphi^2}{\varphi} \sinh 6\alpha + \frac{3\psi^2 - \varphi^2}{\varphi} \sin 6\omega$$

$$A = E - E', \quad D = H - H'$$

$$\text{where: } E' = -\frac{2}{\varphi} \cosh \alpha \cdot \sin \omega + \frac{2}{\psi} \sinh \alpha \cdot \cos \omega$$

$$H' = -\frac{2}{\varphi} \sinh \alpha \cdot \cos \omega - \frac{2}{\psi} \cosh \alpha \cdot \sin \omega$$

$$\phi = \frac{EJ_r}{B_x} \cdot \alpha$$

EJ_r = stiffness of edge cross beam.

For a plate supported on the 4-sides, we assume that the edge cross beams have infinite stiffnesses.

$$\text{i.e. } \phi = \infty$$

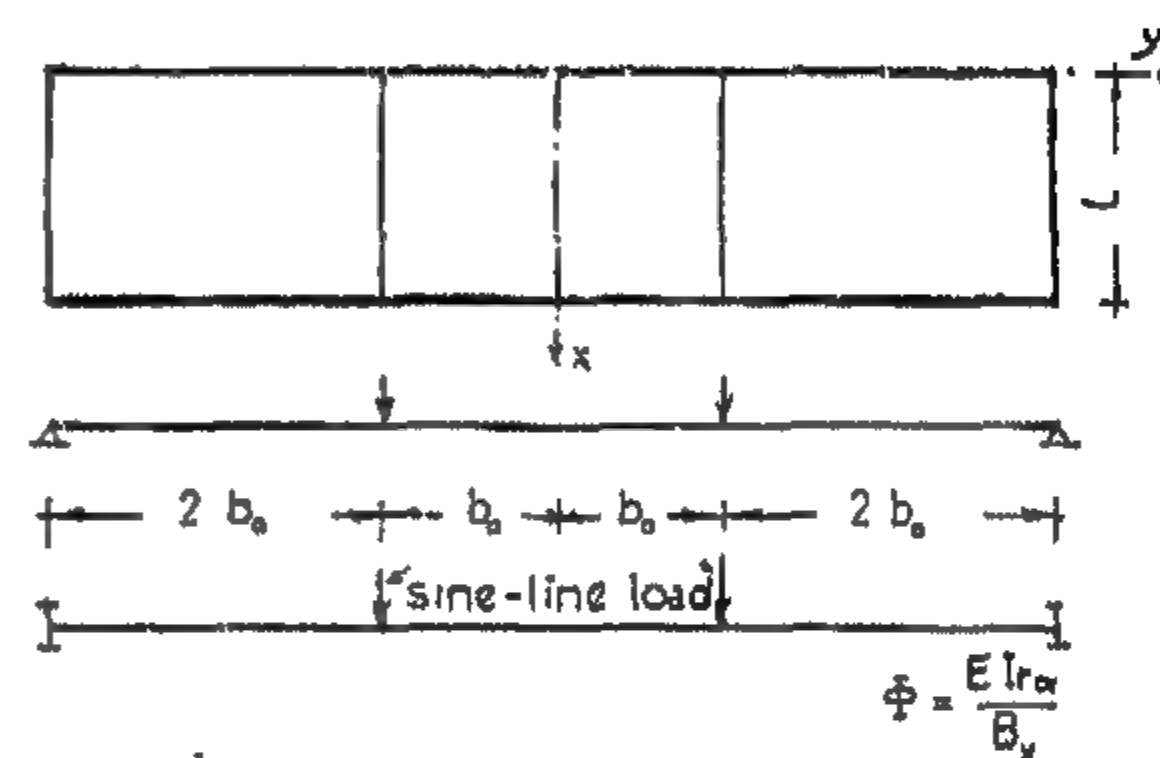
By differentiation of the nominator and denominator of the expressions of E, H w.r.t ϕ , we get:

$$E = \frac{2 \sin 6\omega \left(-\frac{1}{\varphi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega - \frac{1}{\psi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega \right) + 2 \sinh 6\alpha \left(-\frac{1}{\varphi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega + \frac{1}{\psi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega \right)}{\cosh 6\alpha + \cos 6\omega}$$

$$H = \frac{2 \sin 6\omega \left(\frac{1}{\varphi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega - \frac{1}{\psi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega \right) + 2 \sinh 6\alpha \left(-\frac{1}{\varphi} \cosh \alpha \cdot \cos \omega - \frac{1}{\psi} \sinh \alpha \cdot \sin \omega \right)}{\cosh 6\alpha + \cos 6\omega}$$

Fourier coefficient for a sine-line load

$$K = \frac{P_0 \ell^3}{A \cdot \pi^3 B_x} \cdot \frac{4\sqrt{B_x}}{B_y}$$



A_{m_x}, D_{m_x} are obtained from case (4)

B_{m_x}, C_{m_x} are obtained from case (2)

From the condition of continuity we get :

$$K_m = K_0 \frac{2[(-A_n \varphi + D_n \psi) \cosh s_2 \sin \omega + (A_n \psi + D_n \varphi) \sinh s_2 \cos \omega]}{(B_{m_x} \varphi + C_{m_x} \psi) - [(-A_{m_x} \varphi + D_{m_x} \psi) \cosh s_2 \sin \omega + (A_{m_x} \psi + D_{m_x} \varphi) \sinh s_2 \cos \omega]} = K_0 \cdot K''$$

where

$$K_0 = \frac{4p \ell^4}{\pi^5 B_x n^5}$$

$$M_y = \sum K_m \sin \alpha x \cdot \alpha^2$$

COMPLETE SOLUTION OF CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

FIELD I

$$w_1 = w_{01} + w_{m1}$$

$$= \sum K_0 \sin \alpha x \left[1 + (A_n + K' A_m) \cosh \psi \alpha y \cos \varphi \alpha y + (D_n + K' D_m) \sinh \psi \alpha y \sin \varphi \alpha y \right]$$

$$= \sum K_0 \sin \alpha x (1 + A_1 \cosh \psi \alpha y \cos \varphi \alpha y + D_1 \sinh \psi \alpha y \sin \varphi \alpha y)$$

where

$$A_1 = -2 \frac{(\frac{\ell^2}{8} + \frac{K'}{8 B_y}) \sinh s_2 \sin \omega + \cosh s_2 \cos \omega}{\cosh 2 s_2 + \cos 2 \omega}$$

$$D_1 = 2 \frac{(\frac{\ell^2}{8} + \frac{K'}{8 B_y}) \cosh s_2 \cos \omega - \sinh s_2 \sin \omega}{\cosh 2 s_2 + \cos 2 \omega}$$

$$w_1' = \sum K_0 \sin \alpha x \left[(-A_1 \varphi + D_1 \psi) \cosh \psi \alpha y \sin \varphi \alpha y + (A_1 \psi + D_1 \varphi) \sinh \psi \alpha y \cos \varphi \alpha y \right]$$

$$w_1'' = \alpha^2 \sum K_0 \sin \alpha x \left\{ [A_1(\psi^2 - \varphi^2) + 2D_1 \psi \varphi] \cosh \psi \alpha y \cos \varphi \alpha y + [2A_1 \psi \varphi + D_1(\psi^2 - \varphi^2)] \sinh \psi \alpha y \sin \varphi \alpha y \right\}$$

$$w_1''' = -\alpha^2 \sum K_0 \sin \alpha x (1 + A_1 \cosh \psi \alpha y \cos \varphi \alpha y + D_1 \sinh \psi \alpha y \sin \varphi \alpha y)$$

$$w_1'''' = \alpha^3 \sum K_0 \sin \alpha x \left\{ [-A_1 \varphi (3\psi^2 - \varphi^2) + D_1 \psi (\psi^2 - 3\varphi^2)] \cosh \psi \alpha y \sin \varphi \alpha y + [A_1 \psi (\psi^2 - 3\varphi^2) + D_1 \varphi (3\psi^2 - \varphi^2)] \sinh \psi \alpha y \cos \varphi \alpha y \right\}$$

$$w_1'''' = -\alpha^2 \sum K_0 \sin \alpha x \left[(-A_1 \varphi + D_1 \psi) \cosh \psi \alpha y \sin \varphi \alpha y + (A_1 \psi + D_1 \varphi) \sinh \psi \alpha y \cos \varphi \alpha y \right]$$

$$\text{Equivalent shearing force } \bar{q}_{1y} = B_y w_1''' + (B_y \mu_x + 4C) w_1''$$

$$\bar{q}_{1y} = \sum K_0 \sin \alpha x (\bar{A}_1 \cosh \psi \alpha y \sin \varphi \alpha y + \bar{B}_1 \sinh \psi \alpha y \cos \varphi \alpha y)$$

$$\text{where: } \bar{A}_1 = B_y \alpha^3 [-A_1 \varphi (3\psi^2 - \varphi^2) + D_1 \psi (\psi^2 - 3\varphi^2)] - [a^2 \alpha (B_y \mu_x + 4C) (-A_1 \varphi + D_1 \psi)]$$

$$\bar{B}_1 = B_y \alpha^3 [A_1 \psi (\psi^2 - 3\varphi^2) + D_1 \varphi (3\psi^2 - \varphi^2)] - [a^2 \alpha (B_y \mu_x + 4C) (A_1 \psi + D_1 \varphi)]$$

At edge $y = b_0$

Reaction:

$$\bar{q}_{1y_1} = \sum K_0 \sin \alpha x (\bar{A}_1 \cosh s_2 \sin \omega + \bar{B}_1 \sinh s_2 \cos \omega)$$

FIELD II

$$w_2 = w_{02} + w_{m2}$$

$$= \sum K_0 \sin \alpha x \left[1 + A_n \cosh \psi \alpha (y - 2b_0) \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) + D_n \sinh \psi \alpha (y - 2b_0) \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) + K' B_{m1} \cosh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) + K' C_{m1} \sinh \psi \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + K' D_{m1} \sinh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right]$$

$$w_2' = \sum K_0 \sin \alpha x \left\{ (-A_n \varphi + D_n \psi) \cosh \psi \alpha (y - 2b_0) \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) + (A_n \psi + D_n \varphi) \sinh \psi \alpha (y - 2b_0) \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) + K' (B_{m1} \varphi + C_{m1} \psi) \cosh \psi \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + K' (B_{m1} \psi - C_{m1} \varphi) \sinh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) + K' D_{m1} \varphi \sinh \psi \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + K' D_{m1} \psi \cosh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right\}$$

$$w_2'' = \alpha^2 \sum K_0 \sin \alpha x \left\{ [A_n(\psi^2 - \varphi^2) + 2D_n \psi \varphi] \cosh \psi \alpha (y - 2b_0) \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) + [-2A_n \psi \varphi + D_n(\psi^2 - \varphi^2)] \sinh \psi \alpha (y - 2b_0) \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) + K' [B_{m1}(\psi^2 - \varphi^2) - 2C_{m1} \psi \varphi] \cosh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) + K' [2B_{m1} \psi \varphi + C_{m1}(\psi^2 - \varphi^2)] \sinh \psi \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + K' 2\psi \varphi D_{m1} \cosh \psi \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + K' (\psi^2 - \varphi^2) D_{m1} \sinh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right\}$$

$$w_2''' = \sum K_0 \sin \alpha x \left\{ [-A_n \varphi (3\psi^2 - \varphi^2) + D_n \psi (\psi^2 - 3\varphi^2)] \cosh \psi \alpha (y - 2b_0) \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) + [A_n \psi (\psi^2 - 3\varphi^2) + D_n \varphi (3\psi^2 - \varphi^2)] \sinh \psi \alpha (y - 2b_0) \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) + K' [B_{m1} \varphi (3\psi^2 - \varphi^2) + C_{m1} \psi (\psi^2 - 3\varphi^2)] \cosh \psi \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + K' [B_{m1} \psi (\psi^2 - 3\varphi^2) - C_{m1} \varphi (3\psi^2 - \varphi^2)] \sinh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) + K' D_{m1} \psi (\psi^2 - 3\varphi^2) \cosh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) + K' D_{m1} \varphi (3\psi^2 - \varphi^2) \sinh \psi \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) \right\}$$

At $y = b_0$:

$$w_{(y=b_0)}''' = \alpha^3 \sum K_0 \sin \alpha x \left\{ [A_n \varphi (\psi^2 - 3\varphi^2) + D_n \psi (\psi^2 - 3\varphi^2)] \cosh s_2 \cos \omega - [A_n \psi (\psi^2 - 3\varphi^2) + D_n \varphi (3\psi^2 - \varphi^2)] \sinh s_2 \cos \omega + K' [B_{m1} \varphi (\psi^2 - \varphi^2) + C_{m1} \psi (\psi^2 - 3\varphi^2)] \right\}$$

$$w'' = -\alpha^2 \sum K_0 \sin \alpha x \left[1 + A_n \cosh \psi \alpha (y - 2b_0) \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) + D_n \sinh \psi \alpha (y - 2b_0) \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) + K' B_{m1} \cosh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) + K' C_{m1} \sinh \psi \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + K' D_{m1} \sinh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right]$$

$$w''' = -\alpha^2 \sum K_0 \sin \alpha x \left\{ (-A_n \varphi + D_n \psi) \cosh \psi \alpha (y - 2b_0) \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) + (A_n \psi + D_n \varphi) \sinh \psi \alpha (y - 2b_0) \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) + K' (B_{m1} \varphi + C_{m1} \psi) \cosh \psi \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + K' (B_{m1} \psi - C_{m1} \varphi) \sinh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) + K' D_{m1} \varphi \sinh \psi \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + K' D_{m1} \psi \cosh \psi \alpha (y - b_0) \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right\}$$

$$\begin{aligned}
 B_{m1} &= -\frac{\sinh 2\omega_1}{\cosh 2\omega_1 - \cos 2\omega_1} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y} \\
 C_{m1} &= -\frac{\sinh 2\omega_1}{\cosh 2\omega_1 - \cos 2\omega_1} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y} \cdot \frac{\cosh \omega_1}{\sinh \omega_1} \cdot \tan \omega_1 - \frac{1}{B_y \cdot \delta} \tan \omega_1 \\
 &= \frac{\tan \omega_1}{B_y \cdot \delta} \left(\frac{2 \cosh \omega_1}{\cosh 2\omega_1 - \cos 2\omega_1} - 1 \right) \\
 &= \frac{\tan \omega_1}{B_y \cdot \delta} \left(\frac{2 \cosh \omega_1 - \cosh 2\omega_1 + \cos 2\omega_1 + 1}{\cosh 2\omega_1 - \cos 2\omega_1} \right) \\
 &= \frac{1}{\delta \cdot B_y} \cdot \frac{\sin 2\omega_1}{\cosh 2\omega_1 - \cos 2\omega_1}
 \end{aligned}$$

3.) RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER EDGE MOMENT AT $y = 2b_0$

Edge conditions :

$$\text{at } y_1 = 0 : w = 0 ; w' = 0$$

$$\text{at } y_1 = 2b_0 : w = 0 ; w' = \frac{1}{B_y} M_y$$

from which we get the constants

$$\begin{aligned}
 A_{m1} &= D_{m1} = 0 \\
 B_{m1} &= \frac{2 \sinh \omega_1 \cdot \cos \omega_1}{\cosh 2\omega_1 - \cos 2\omega_1} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y} \\
 C_{m1} &= \frac{-2 \cosh \omega_1 \cdot \sin \omega_1}{\cosh 2\omega_1 - \cos 2\omega_1} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y}
 \end{aligned}$$

4.) RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER EDGE MOMENTS AT $y = \pm b_0$

$$\begin{aligned}
 w &= \sum K_m \sin \alpha x (A_m \cosh \nu \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + D_m \sinh \nu \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y) \\
 w' &= \sum K_m \sin \alpha x \cdot \alpha \left[(-A_m \varphi + D_m \nu) \cosh \nu \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y + (A_m \nu + D_m \varphi) \sinh \nu \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y \right] \\
 w'' &= \sum K_m \sin \alpha x \cdot \alpha^2 \left\{ [A_m (\nu^2 - \varphi^2) + 2 D_m \nu \varphi] \cosh \nu \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + [-2 A_m \nu \varphi + D_m (\nu^2 - \varphi^2)] \sinh \nu \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right\}
 \end{aligned}$$

Edge conditions :

$$\text{at } y = \pm b_0 : w = 0 ; w' = \frac{1}{B_y} M_y$$

from which we get :

$$\begin{aligned}
 A_m &= \frac{-2 \sinh \omega \cdot \sin \omega}{\cosh 2\omega + \cos 2\omega} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y} \\
 D_m &= \frac{2 \cosh \omega \cdot \cos \omega}{\cosh 2\omega + \cos 2\omega} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y}
 \end{aligned}$$

5.) CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

FIELD I

The equations of the plate under uniformly distributed load and two edge moments at $y = \pm b_0$ are as given before in cases 1, 4.

FIELD II

a) PLATE SUBJECT TO DISTRIBUTED LOAD

Equation of the plate about x,y axes :

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{4p \cdot \ell^4}{\pi^5 B_x} \sum \frac{\sin \alpha x}{n^5} \left[1 + A_n \cosh \nu \alpha (y - 2b_0) \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) + D_n \sinh \nu \alpha (y - 2b_0) \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) \right] \\
 w' &= \frac{4p \cdot \ell^4}{\pi^5 B_x} \sum \frac{\sin \alpha x}{n^5} \left\{ (-A_n \varphi + D_n \nu) \cosh \nu \alpha (y - 2b_0) \sin \varphi \alpha (y - 2b_0) + (A_n \nu + D_n \varphi) \sinh \nu \alpha (y - 2b_0) \cos \varphi \alpha (y - 2b_0) \right\}
 \end{aligned}$$

The constants A_n, D_n are as obtained in case (1)

b) PLATE SUBJECT TO EDGE MOMENT AT $y = b_0$

Equation of the plate about x,y axes

$$\begin{aligned}
 w &= \sum K_m \sin \alpha x \left\{ B_{m1} \cosh \nu \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) + C_{m1} \sinh \nu \alpha (y - b_0) \cdot \cos \varphi \alpha (y - b_0) + D_{m1} \sinh \nu \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right\} \\
 w' &= \sum K_m \sin \alpha x \cdot \alpha \left\{ (B_{m1} \varphi + C_{m1} \nu) \cosh \nu \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + (B_{m1} \nu - C_{m1} \varphi) \sinh \nu \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) + \right. \\
 &\quad \left. + D_{m1} \varphi \cdot \sinh \nu \alpha (y - b_0) \cos \varphi \alpha (y - b_0) + D_{m1} \nu \cosh \nu \alpha (y - b_0) \cdot \sin \varphi \alpha (y - b_0) \right\}
 \end{aligned}$$

The constants B_{m1}, C_{m1}, D_{m1} are as given in case (2)

CONDITION OF CONTINUITY OF THE ELASTIC SURFACE

For the continuity of the elastic surface at edge $y = \pm b_0$ we should have : $\tau_{oI} + \tau_{mI} = \tau_{oII} + \tau_{mII}$

where : τ_{oI}, τ_{oII} slope angles due to uniformly distributed load in fields I, II

τ_{mI}, τ_{mII} slope angles due to edge moments in fields I, II

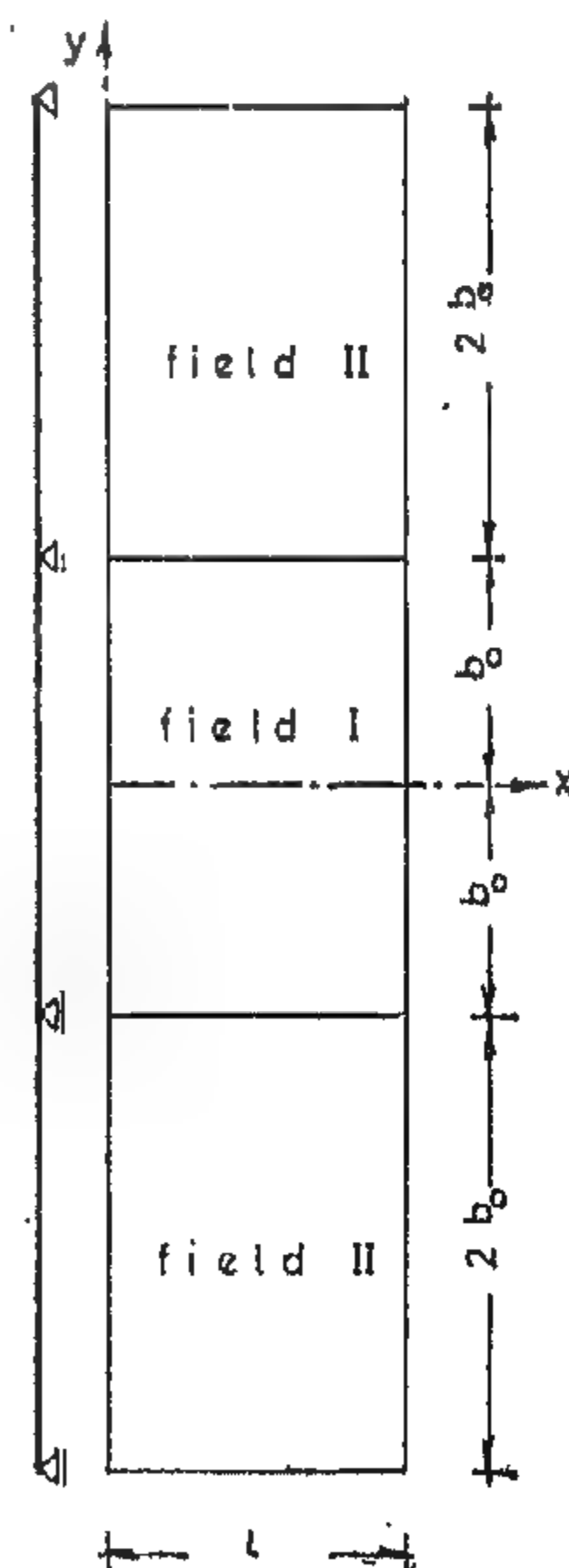
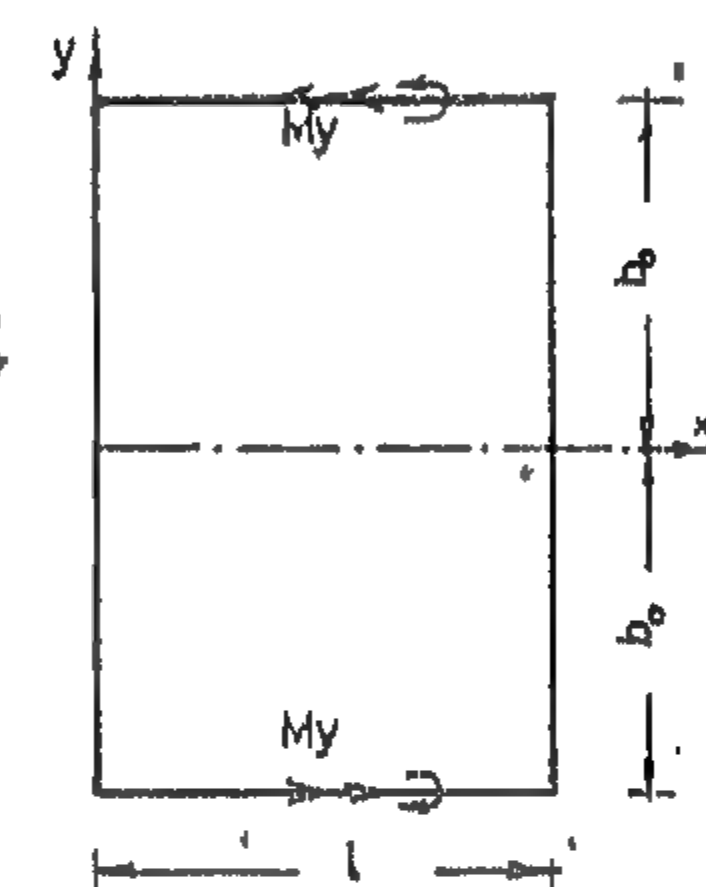
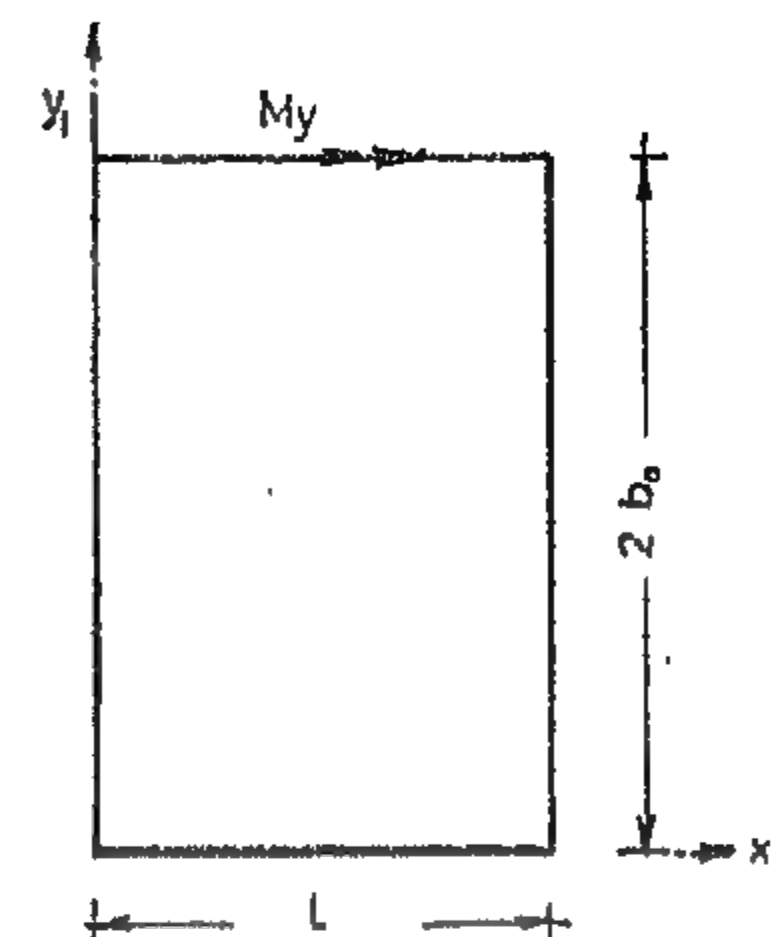
For equal field length : $\tau_{oI} = -\tau_{oII}$

$$\tau_{oI}(y=b_0) = \frac{4p \cdot \ell^4}{\pi^5 B_x} \sum \frac{\sin \alpha x}{n^5} \cdot \alpha \left[(-A_n \varphi + D_n \nu) \cosh \omega \cdot \sin \omega + (A_n \nu + D_n \varphi) \sinh \omega \cdot \cos \omega \right] = -\tau_{oII}$$

$$\tau_{mI} = \sum K_m \sin \alpha x \cdot \alpha \left[(-A_{mI} \varphi + D_{mI} \nu) \cosh \omega \cdot \sin \omega + (A_{mI} \nu + D_{mI} \varphi) \sinh \omega \cdot \cos \omega \right]$$

$$\tau_{mII} = \sum K_m \sin \alpha x \cdot \alpha (B_{mII} \varphi + C_{mII} \nu)$$

A_n, D_n are obtained from case (1)



Edge conditions :

$$\text{at } y = \pm b_0 \quad : \quad w = 0$$

$$\text{at } y = \pm b_0 \quad : \quad w'' = 0$$

from which we get :

$$A_n = -2 \frac{\frac{\alpha}{\beta} \sinh \alpha \cdot \sin \omega + \cosh \alpha \cdot \cos \omega}{\cosh 2\alpha + \cos 2\omega}$$

$$D_n = 2 \frac{\frac{\alpha}{\beta} \cosh \alpha \cdot \cos \omega - \sinh \alpha \cdot \sin \omega}{\cosh 2\alpha + \cos 2\omega}$$

From the coefficients of the Fourier-Series

$$K_n = \frac{4p \ell^4}{\pi^5 B_x}$$

The solution will be

$$w = \frac{4p \ell^4}{\pi^5 B_x} \sum \frac{\sin \alpha x}{n^5} \left[1 + A_n \cosh \beta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + D_n \sinh \beta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right]$$

$$w' = \frac{4p \ell^4}{\pi^5 B_x} \sum \frac{\sin \alpha x}{n^5} \left[(-A_n \beta + D_n \varphi) \cosh \beta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y + (A_n \beta + D_n \varphi) \sinh \beta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y \right]$$

$$w'' = \frac{4p \ell^4}{\pi^5 B_x} \sum \frac{\sin \alpha x}{n^5} \left\{ [A_n (\beta^2 - \varphi^2) + 2 D_n \beta \varphi] \cosh \beta \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + [-2 A_n \beta \varphi + D_n (\beta^2 - \varphi^2)] \sinh \beta \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y \right\}$$

2.) RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER EDGE MOMENT AT $y=0$

As the plate is not loaded perpendicular to its plane, i.e. $p(x,y) = 0$, so the homogeneous solution will be the final solution

$$w = \sum y_1 \cdot \sin \alpha x (A_{m1} \cosh \beta \alpha y_1 \cdot \cos \varphi \alpha y_1 + B_{m1} \cosh \beta \alpha y_1 \cdot \sin \varphi \alpha y_1 + C_{m1} \sinh \beta \alpha y_1 \cdot \cos \varphi \alpha y_1 + D_{m1} \sinh \beta \alpha y_1 \cdot \sin \varphi \alpha y_1)$$

The edge moment will be analysed in a Fourier-Series

$$M_y = \sum K_m \cdot \alpha^2 \cdot \sin \alpha x$$

Edge conditions :

$$\text{at } y_1 = 0 : \quad w = 0 \quad (1)$$

$$B_y \cdot w'' = M_y \quad (2)$$

$$\text{at } y_1 = 2b_0 : \quad w = 0 \quad (3)$$

$$w'' = 0 \quad (4)$$

From condition (1) we get : $A_{m1} = 0$

$$w' = \sum K_m \cdot \sin \alpha x \cdot \alpha \left[(\beta B_{m1} + \varphi C_{m1}) \cosh \beta \alpha y_1 \cdot \cos \varphi \alpha y_1 + (\beta B_{m1} - \varphi C_{m1}) \sinh \beta \alpha y_1 \cdot \sin \varphi \alpha y_1 + \beta D_{m1} \cosh \beta \alpha y_1 \cdot \sin \varphi \alpha y_1 + \varphi D_{m1} \sinh \beta \alpha y_1 \cdot \cos \varphi \alpha y_1 \right]$$

$$w'' = \sum K_m \cdot \sin \alpha x \cdot \alpha^2 \left\{ [B_{m1} (\beta^2 - \varphi^2) - 2 C_{m1} \beta \varphi] \cosh \beta \alpha y_1 \cdot \sin \varphi \alpha y_1 + [2 B_{m1} \beta \varphi + C_{m1} (\beta^2 - \varphi^2)] \sinh \beta \alpha y_1 \cdot \cos \varphi \alpha y_1 + 2 \beta \varphi D_{m1} \cosh \beta \alpha y_1 \cdot \cos \varphi \alpha y_1 + (\beta^2 - \varphi^2) D_{m1} \sinh \beta \alpha y_1 \cdot \sin \varphi \alpha y_1 \right\}$$

From condition (2) we get :

$$\frac{1}{B_y} = 2 \beta \varphi D_{m1}$$

$$\text{with } \delta = 2 \beta \varphi \quad \text{then } D_{m1} = \frac{1}{B_y \delta}$$

From condition (3) and substituting :

$$\alpha_1 = 2 \beta \alpha b_0$$

$$\omega_1 = 2 \varphi \alpha b_0$$

$$\beta^2 = \beta^2 - \varphi^2$$

we get :

$$B_{m1} \cosh \alpha_1 \cdot \sin \omega_1 + C_{m1} \sinh \alpha_1 \cdot \cos \omega_1 = -\frac{1}{B_y \delta} \cdot \sinh \alpha_1 \cdot \sin \omega_1$$

$$\text{Or } C_{m1} = -B_{m1} \coth \alpha_1 \cdot \tan \omega_1 - \frac{1}{B_y \delta} \tan \omega_1$$

From condition (4) :

$$(\beta B_{m1} - \delta C_{m1}) \cosh \alpha_1 \cdot \sin \omega_1 + (\delta B_{m1} + \beta C_{m1}) \sinh \alpha_1 \cdot \cos \omega_1 + \frac{1}{B_y \delta} \cosh \alpha_1 \cdot \cos \omega_1 + \frac{\beta}{\delta \cdot B_y} \sinh \alpha_1 \cdot \sin \omega_1$$

i.e. :

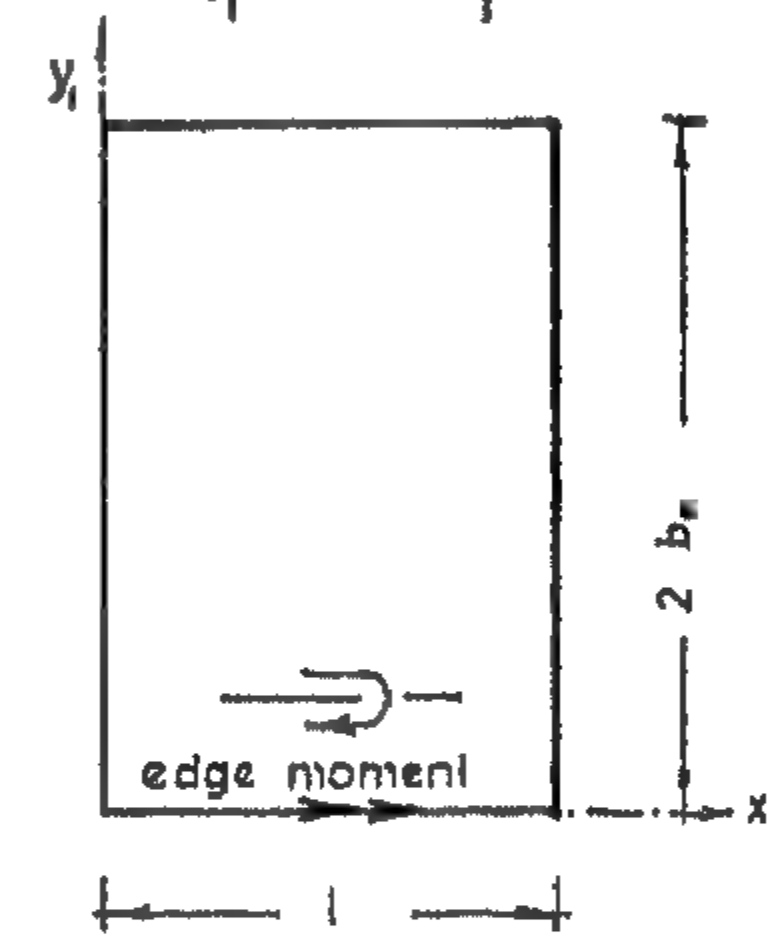
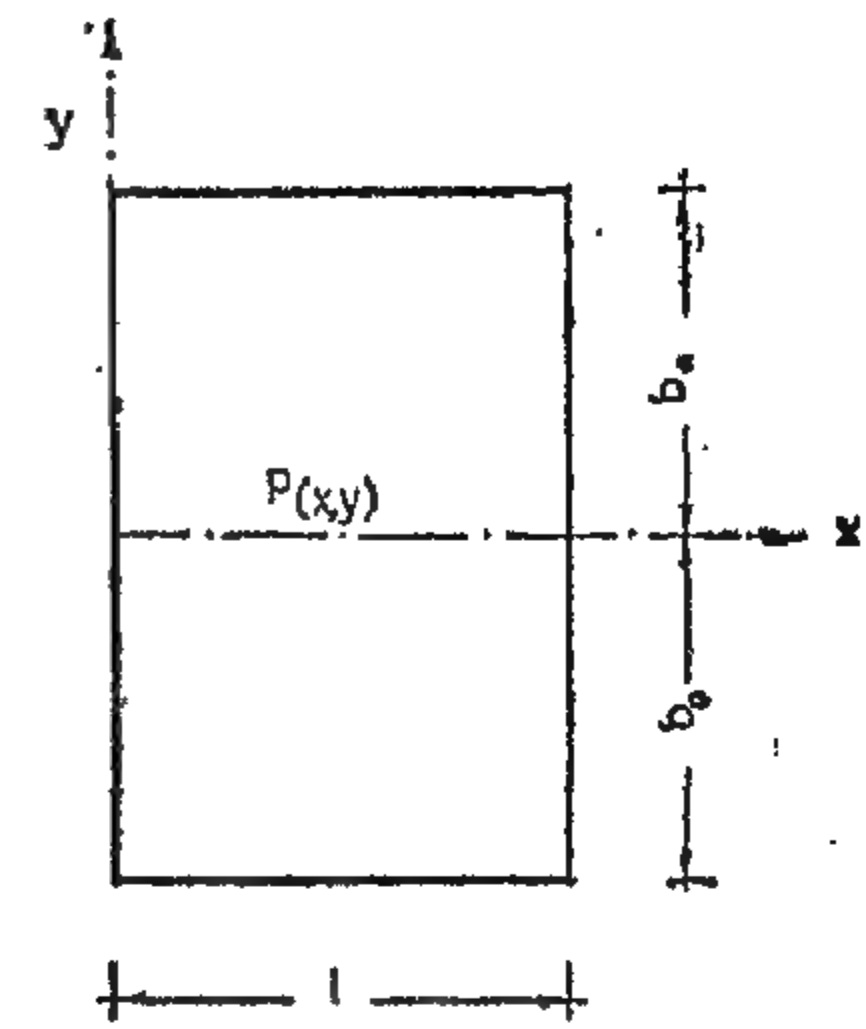
$$\beta B_{m1} \cosh \alpha_1 \cdot \sin \omega_1 + \delta B_{m1} \frac{\cosh \alpha_1 \cdot \sin \omega_1}{\sinh \alpha_1 \cdot \cos \omega_1} + \frac{1}{B_y} \cosh \alpha_1 \frac{\sin^2 \omega_1}{\cos \omega_1} + \delta B_{m1} \sinh \alpha_1 \cdot \cos \omega_1 - \beta B_{m1} \cosh \alpha_1 \cdot \sin \omega_1 - \frac{\beta}{B_y \delta} \sinh \alpha_1 \cdot \sin \omega_1 + \frac{1}{B_y} \cosh \alpha_1 \cdot \cos \omega_1 + \frac{\beta}{\delta \cdot B_y} \sinh \alpha_1 \cdot \sin \omega_1 = 0$$

Or :

$$B_{m1} \cdot \delta \left(\frac{\cosh \alpha_1 \cdot \sin \omega_1}{\sinh \alpha_1 \cdot \cos \omega_1} + \sinh \alpha_1 \cdot \cos \omega_1 \right) = -\frac{\cosh \alpha_1 \cdot \cos \omega_1}{B_y} \left(1 + \frac{\sin^2 \omega_1}{\cos^2 \omega_1} \right)$$

$$B_{m1} \cdot \delta \cdot B_y \left(\frac{\cosh^2 \alpha_1 \cdot \sin^2 \omega_1}{\cosh^2 \alpha_1 \cdot \sin^2 \omega_1 + \sinh^2 \alpha_1 \cdot \cos^2 \omega_1} + \sinh^2 \alpha_1 \cdot \cos^2 \omega_1 \right) = -\cosh \alpha_1 \cdot \sinh \alpha_1$$

$$B_{m1} \cdot \delta \cdot B_y \left[(2 \sinh^2 \alpha_1 + 1) - (1 - 2 \sin^2 \omega_1) \right] = -2 \cosh \alpha_1 \cdot \sinh \alpha_1$$



$$\alpha = a \sqrt{\frac{B_y}{B_x}}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{1 - \lambda^2}$$

$$\lambda^2 - \mu^2 = \lambda^2$$

$$\alpha = \lambda \alpha_0$$

$$\omega = \varphi \alpha_0$$

$$K_n = \frac{K'}{a^4 \cdot B_x} \text{ where } K' \text{ coefficient of Fourier-Series}$$

$$y=0 \text{ for ripped plate.}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{1}{2}(1 + \lambda^2)}$$

$$\delta = 2 \lambda \varphi$$

$$\alpha_1 = 2 \lambda \alpha_0$$

$$\omega_1 = 2 \varphi \alpha_0$$

SOLUTION OF THE HOMOGENEOUS EQUATION

For the solution of the homogeneous equation

$$B_x w'''' + 2Hw'' + B_y w'''' = 0$$

We can use the expression

$$w_n = C_n \cdot e^{\beta y} \cdot \sin \alpha x$$

where:

$$\beta = m \alpha$$

$$w'' = a^4 \cdot C_n \cdot e^{\beta y} \cdot \sin \alpha x$$

$$w''' = -m \cdot a^4 \cdot C_n \cdot e^{\beta y} \cdot \sin \alpha x$$

$$w'''' = m^2 \cdot a^4 \cdot C_n \cdot e^{\beta y} \cdot \sin \alpha x$$

$$B_x \cdot w'''' + 2Hw'' + B_y \cdot w'''' = 0 = a^4 \cdot C_n \cdot e^{\beta y} \cdot \sin \alpha x (B_x - 2Hm^2 + B_y m^4)$$

This expression is applicable for each point (x,y) in the plate and as $C_n \neq 0$ then,

$$B_x - 2Hm^2 + B_y m^4 = 0$$

$$\therefore m = \pm \sqrt{\frac{H}{B_y} (1 \pm \sqrt{1 - \frac{B_x \cdot B_y}{H^2}})}$$

with $\beta = m \alpha$ and $\alpha = a \cdot \sqrt{\frac{B_x}{B_y}}$ the four roots of β are, $\beta = \pm (\lambda \pm i \varphi)$

$$w = [C_1 \cdot e^{(\lambda + i \varphi)y} + C_2 \cdot e^{(\lambda - i \varphi)y} + C_3 \cdot e^{-(\lambda + i \varphi)y} + C_4 \cdot e^{-(\lambda - i \varphi)y}] \sin \alpha x \quad \text{By substituting}$$

$$e^{\pm i \varphi \alpha y} = \cos \varphi \alpha y \pm i \sin \varphi \alpha y$$

$$e^{\pm \lambda \alpha y} = \cosh \lambda \alpha y \pm \sinh \lambda \alpha y$$

$$w = K_n [A_n \cosh \lambda \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + B_n \cosh \lambda \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y + C_n \sinh \lambda \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + D_n \sinh \lambda \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y] \sin \alpha x$$

K_n is obtained by representing the load in a Fourier-Series.

PARTICULAR SOLUTION

The particular solution for the regions where $p(x, y) \neq 0$ will be

$$w^* = w_0 \sum K' \cdot \sin \alpha x$$

If the load is constant in the y-direction, then w_0 is constant and all derivatives w.r.t y = 0 i.e

$$w'' = w''' = 0$$

$$w'''' = \sum a^4 \cdot w_0 \cdot B_x \cdot K' \sin \alpha x$$

$$= p(x)$$

If the load $p(x)$ is analysed in a Fourier-Series as an even function

$$p(x) = \sum K' \cdot \sin \alpha x, \text{ then}$$

$$w_0 = \frac{1}{a^4 \cdot B_x}$$

$$w^* = \frac{1}{a^4 \cdot B_x} \sum K' \sin \alpha x$$

$$= \sum K_n' \cdot \sin \alpha x$$

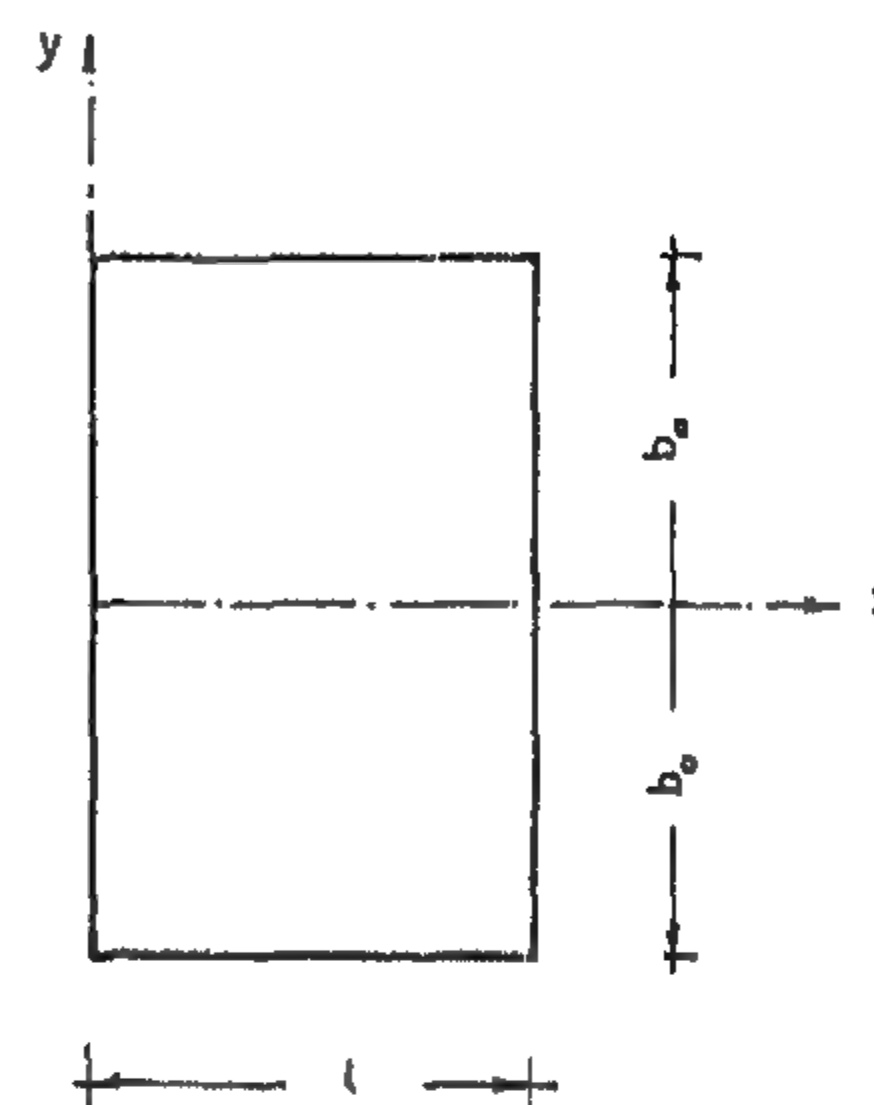
The final solution for the plate will be

$$w = w_{\text{hom}} + w_{\text{par}}$$

$$w = \sum K_n (1 + A_n \cosh \lambda \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + B_n \cosh \lambda \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y + C_n \sinh \lambda \alpha y \cdot \cos \varphi \alpha y + D_n \sinh \lambda \alpha y \cdot \sin \varphi \alpha y) \sin \alpha x$$

$$\text{where: } K_n = \frac{K'}{a^4 \cdot B_x}$$

K' = coefficient of Fourier - Series.



1) RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

The plate is about the x-axis symmetrical, and symmetrically loaded, then

$$B_n = C_n = 0$$

CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER ELASTIC SUPPORTS

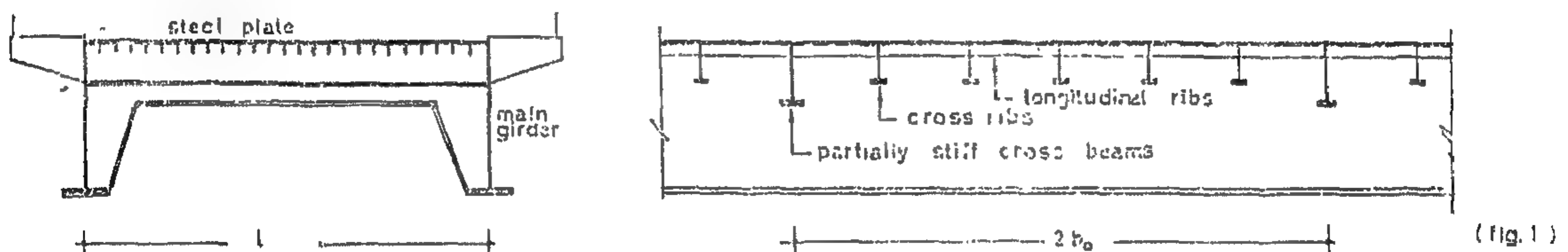
by

Dr.-Ing. KAMAL HASSAN

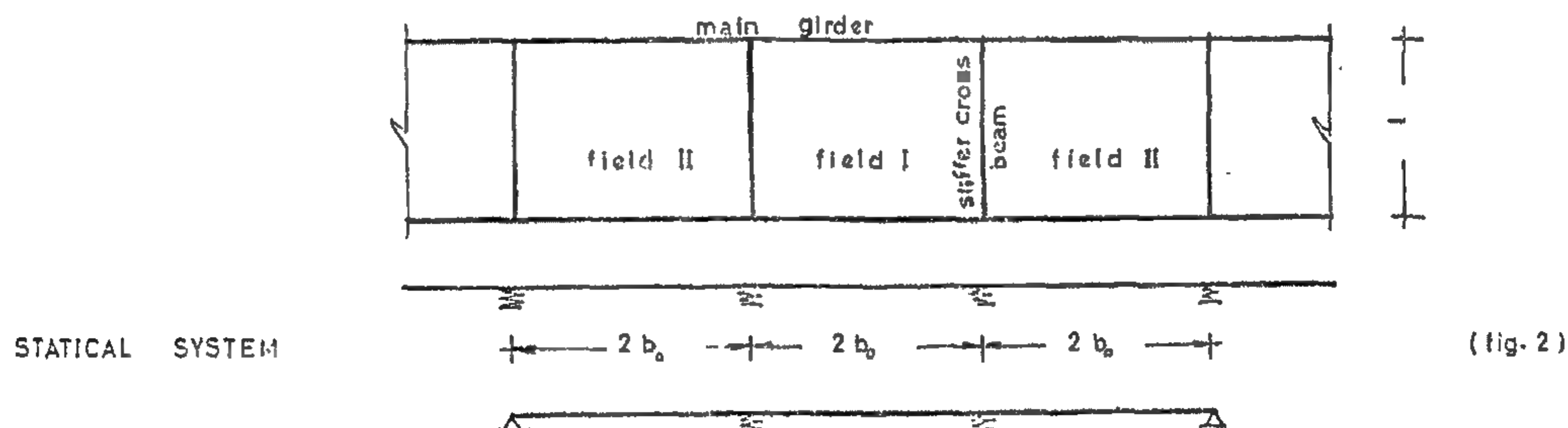
Lecturer, Faculty of Engineering, Ain Shams University.

INTRODUCTION

There is a growing interest in the use of orthotropic bridge design and construction, a system now commonly used in Europe. With conventional bridge structures, the three main elements (longitudinal main girders, transverse floor beams, and longitudinal stringers) all act independently of each other. Usually a 20 cm³ thick reinforced concrete slab distributes the applied loads. In contrast all elements of the orthotropic structure work together. (fig. 1)



The new floor system consists of a steel deck plate serving as the top flange for: a) the longitudinal main girder, b) the transverse floor beams and c) the longitudinal ribs. The plate will be stiff enough to resist traffic loads on the bridge. It needs only a 5 mm thick bituminous isolating material and a 5 cm thick asphalt layer to improve the driving conditions. The dead load of such a floor construction weighs only about 25% of the conventional concrete floor. This weight-saving is such a tremendous advantage on long span bridges that orthotropic design is rapidly replacing truss design on bridges having spans of 100 m or more. At some panel points of the bridge stiffer cross beams are arranged. The steel plate is treated in this case as a continuous orthotropic plate supported on two sides on the assumed rigid main girders and continuous over partially stiff cross beams. We will deal here with a plate of 3 spans supported over two intermediate elastic supports. (fig. 2)



The differential equation of the orthotropic plate according to Huber : $B_x w'''' + 2H w''' + B_y w'''' = p(x, y)$, where () derivative w.r.t x () derivative w.r.t y. The solution of this equation will be composed of: 1- Solution of the homogeneous equation where $p(x, y) = 0$, i.e. for unloaded parts of the plate. 2- Particular solution.

NOTATIONS

B_x, B_y Stiffness of the plate in x, y directions

$H = 2\sqrt{B_x B_y}$ Torsional stiffness

$p(x, y)$ Loading on the plate

L Span of the plate in x-direction

$2b_0$ Span of the plate in y-direction.

$a = \frac{n\pi}{L}$; $n = 1, 2, 3 \dots$ etc.

- 12) W.P. Dumke, "Properties and mechanisms of GaAs Injection Lasers", Paper presented at the Symposium on Optical Masers Polytechnic Institute of Brooklyn New York; 1963.
- 13) W.R. Hinchman and A.L. Buck : "Fluctuations in Laser Beam over 9— and 90 mile paths", Proc. IEEE, Correspondence, vol. 52, No. 3, pp. 305-306; March, 1964.
- 14) D.G.C. Luck : "Some Factors Affecting Applicability of Optical-Band Radio to Communication", RCA Review vol. 22, No. 3, pp. 359-410; September, 1961.
- 15) B.M. Oliver : "Some potentialities of Optical Masers", Proc. IRE, vol. 10, No. 2, pp. 135-141; February 1962.
- 16) D.D. Matulka : "Application of Lasers to Digital Communications", IRE Trans. on Aerospace and Navigation Electronics, pp. 104-109, June 1962.
- 17) F.J. McClung and R.W. Hellwarth "Giant Optical Pulsations from Ruby", Appl. Phys. vol. 33, pp. 828-829; 1962.
- 18) R.H. Blumenthal : "Design of a Microwave-Frequency Light Modulator", Proc. IRE, vol. 50, No. 4, pp. 452-456; April, 1962
- 19) H. Bosc : "Principal Uses of Coherent Light", Electrical Communication, Vol. 37, No. 4, pp. 360-366; 1962.
- 20) B.G. Goldstein and J.D. Welch : "Microwave Modulation of a GaAs Injection Laser", Proc. IEEE (Correspondence) Vol. 52, No. 6, p. 715; June, 1964.
- 21) R. Targ : "Optical Hetrodyne Detection of Microwave-Modulated Light", Proc. IEEE, (correspondence), vol. 52, No. 3, pp. 303-304 March, 1964.
- 22) L.K. Anderson : "Photodiode Detection", Paper presented at the Symposium on Optical Masers Polytechnic Institute of Brooklyn, New York; 1963.
- 23) G. Lucovsky M. E. Lasser and R. B. Emmons : "Coherent Light Detection in Solid-State Photodiodes", Proc. IEEE, vol. 51, No. 1, pp. 166-173; January 1963.
- 24) H. S. Sommers, Jr. : "Demodulation of Low-level Broad-Band Optical Signals with Semiconductors" *ibid*, pp. 140-146.

condition. The frequency of the pulser is governed by the thermal limits of the device and the required sampling rate.

5. Detection:

Commonly used methods of detection are photomultipliers and travelling wave photo tubes. The bandwidth of the first is of the order of 100 Mc while for the second it is at least few Gc. Both however are far from matching the broad band capabilities of the Laser.

Although the heterodyne mode of operation is inherently capable of greater sensitivity²¹, the practical problems of optical super-hetrodyne operation, in particular the problem of maintaining the relative spatial coherence of the signal and local oscillator, are formidable²². Therefore the low-level direct detection by simple square-law detector will find widespread use at optical frequencies in the same way that the microwave video detector crystal has at the lower frequencies. Semi-

conductor diode detectors with high quantum efficiency have been reported^{23, 24} to be successful to modulation frequencies in the microwave range below 10 Gc.

V. Conclusion:

As seen, the laser as a device, as well as its application offers a lot of diverse fields of investigations. Being still in its infancy, it appears that its capabilities have just been touched, and much more is expected as time goes by. It is highly interesting to notice that the laser bridges the gap between the electrical engineer and the physicist since it makes the visible range of the spectrum, for the first time ever since, as useful to the communication engineer as the microwave or the RF.

Among a countless possibilities and in addition to what has been mentioned so far one can add its promising importance in military applications such as for example "Laser Guns".

REFERENCES

- 1) J.P. Gordon, H. J. Zeiger, and C.H. Townes : Phys. Rev. vol. 99, p. 1264; 1955.
- 2) A.L. Schawlow and C.H. Townes : "Infrared and optical masers", Phys. Rev. vol. 112, pp. 1940-1949; Dec., 1958.
- 3) T.H. Maiman : "Stimulated optical radiation in ruby masers", Nature. vol. 187, pp. 493-494; August 1960.
- 4) A. Javan, W.B. Bennett, Jr. and D.R. Herriot : "Population inversion and continuous optical maser oscillation in a gas discharge containing a He-Ne mixture," Phys. Rev. Lett. vol. 6, pp. 106-110; 1961.
- 5) A.L. Schawlow : "Optical Masers", Scientific American, vol. 204, No. 6, pp. 52-61; June 1961.
- 6) B.A. Lengyel : "Lasers" (Book) John Wiley and Sons, Inc., N.Y.; 1962.
- 7) A. Yariv and J.P. Gordon : "The Laser", Proc. IEEE, vol. 51, No. 1, pp. 4-29, January 1963.
- 8) A. Yariv : "Energy and Power Considerations in Injection and Optically Pumped Lasers", Proc. IEEE, vol. 51, No. 12, pp. 1723-1931; December 1963.
- 9) C. Bowness and D.V. Missio : "Pulsed Solid State Lasers", Raytheon Electronic Progress, Vol. VII, No. 4, pp. 3-6, Jan.-Feb. 1963.
- 10) J.M. Lavine et al. : "GaAs Injection Lasers", abid, pp. 17-20.
- 11) G. Burns and M.I. Nathan : "P-N Junction Lasers", Proc. IEEE, Vol. 52, No. 7, pp. 770-795; July 1964.

workable devices have been reported in the literature which are still far from achieving the desired goal.

One of the well known modulators is the nitrobenzene Kerr cell⁶. The application of a voltage between the plates of the cell results in the rotation of the plane of polarization, consequently it acts as an electro-optical shutter. It has been used successfully by McClung and Hellwarth¹⁷ to shorten the duration of the ruby pulse and remove the inherent spikes. However, the Kerr cell shutter, which uses bipolar liquids posses several problems such as excessive dissipation power at microwate frequencies, in addition to leakage, decomposition and toxicity problems which make them less versatile in their application than the more modern solid state equivalents. These are made with ammonium dihydrogen phosphate (ADP), or potassium dihydrogen phosphate (KDP) crystals.

Fig. 10 is a schematic diagram showing a typical light modulator scheme in which the intensity of a light beam passing through on (ADP) crystal is modulated at microwave frequencies. When a modulating voltage is applied between the crystal faces, elliptically-polarized light in general emerges from the crystal because the incident plane-polarized beam is split into two mutually perpendicular components which travel with different velocities within the crystal. Consequently the analyzer passes a periodically varying amount of light, over a cycle, to the detector. The quarter-wave plate shown in the figure is equivalent optically to baising the crystal to operate within the linear portion of its characteristic. It is necessary, however that the plate's principal axis of refraction be parallel to the birefringent axes of the crystal. Modulating voltages are unfortunately of the order of 17 kilovolts. The high losses which develop in the crystal at such voltages and frequencies limits their use to the transmission of pulse coded information.

The semiconductor injection lasers, on the othre hand, are much simpler to modulate

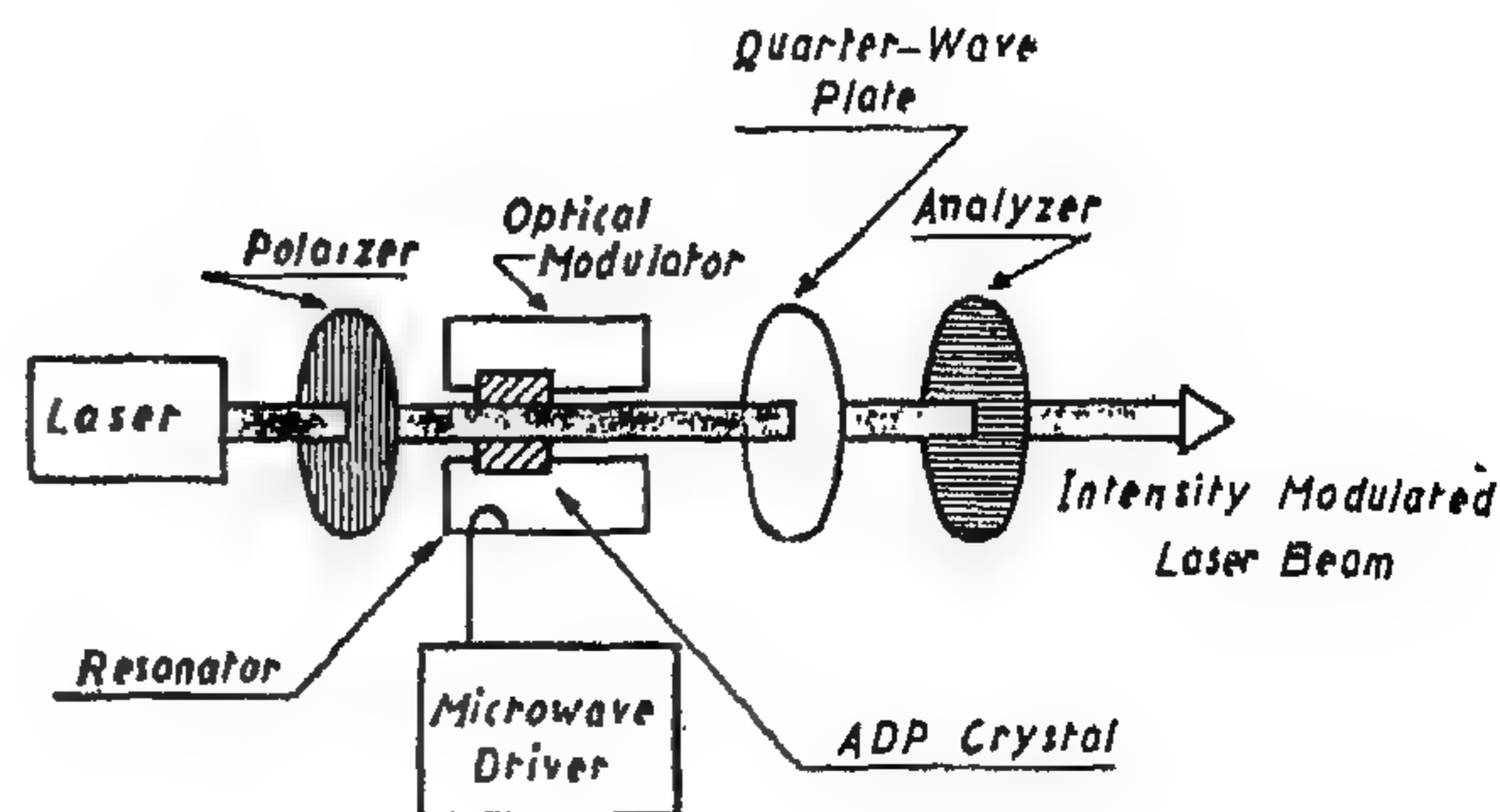


FIG. 10 - ELECTRO-OPTIC LIGHT MODULATION SCHEME

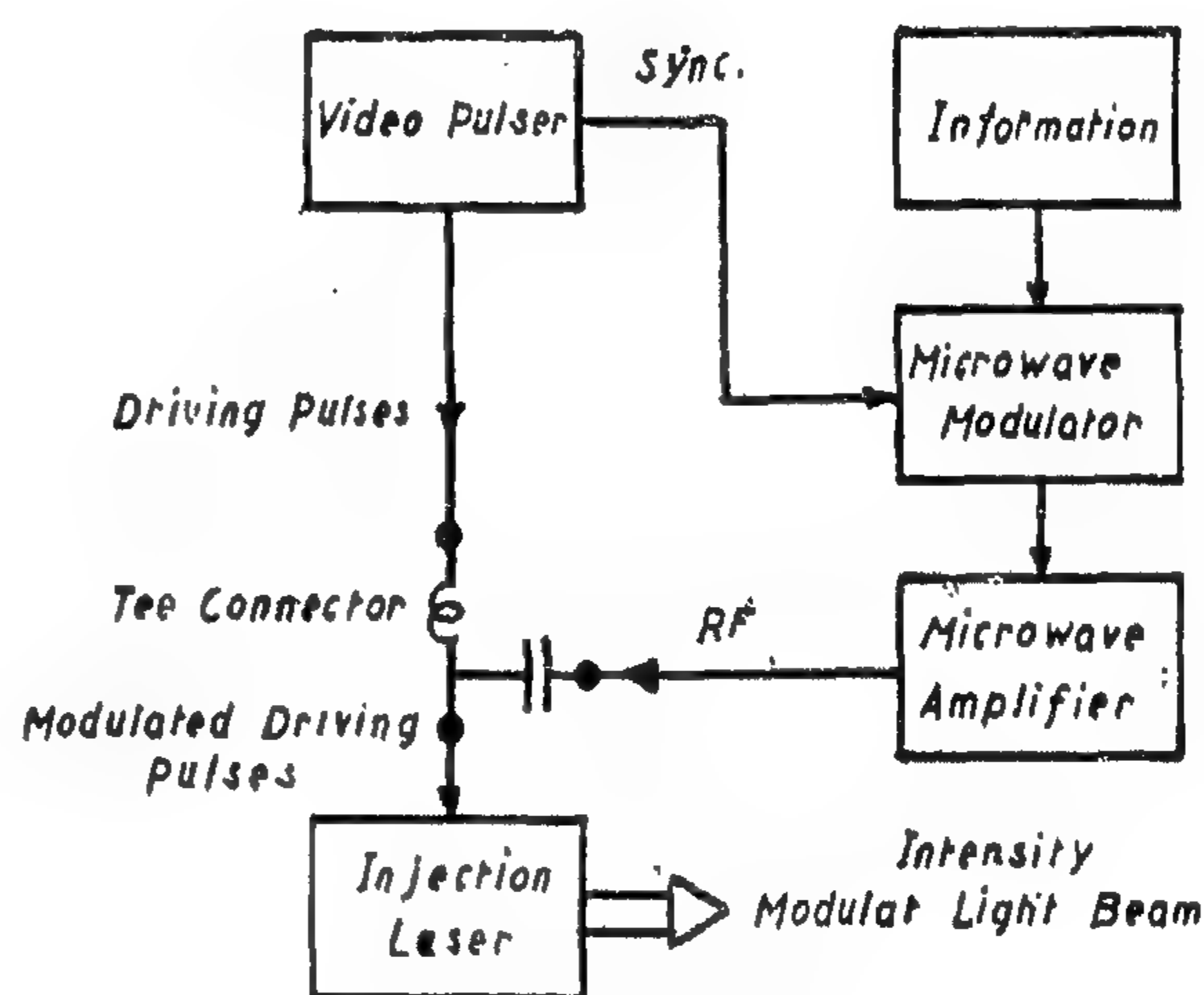


FIG. 11 - PULSE MODULATION SCHEME FOR INJECTION LASERS.

since the lasing action is directly controlled by the current passing through the junction. Moreover the relatively short recombination life time in the stimulated emission mode (smaller than 10^{-9} sec for GaAs lasers) makes it possible to modulate these lasers at microwaves frequencies. Recently a modulation frequency of 2Gc has been achieved at Lincoln Lab.²⁰ To achieve high power outputs, however it is always advantageous to operate the laser in a pulsed mode. Fig. 11 shows a typical modulation system of semiconductor injection lasers. The function of the pulser is to drive the diode into lasing

The received power, except for δ , increases as the square of the signal frequency. On the otherhand δ is a difficult function to evaluate and its statistical properties is a current point of research¹⁴. Complicating factors arise from the fact that atmospheric disturbances, clouds, fog, rain and snow, scatter the beam causing enormous attenuation. Even in clear weather, the inequalities of temperature of different layers of air with the consequent variations in their refractive indexes curve the path of the light beam thereby necessitating the use of sensitive tracking arrangement between transmitter and receiver. Outside the lower regions of the earth's atmosphere ideal conditions of optical clarity prevail. Hence, with the development of practical methods of modulation and detection, the laser beam is an ideal medium for inter-satellite communication.

To secure reliable communication, propagation of laser beams within a pipe composed of straight sections joined by bends with reflecting mirrors and filled with clear and homogenous atmosphere under pressure have been considered. However, such proposition is relatively expensive and can only be practical for very short distances.

3. Noise :

Thermal noise, a problem at lower frequencies, becomes negligible in the optical region of the spectrum. Quantum noise, then imposes the only signal interference inherent in the optical equipment. This noise is caused by the random arrival of the photons at the receiver. It is of course also present in RF links but, in most practical cases, is much lower than other sources of noise and is therefore not generally considered.

Assuming a Poissons distribution for the photons arriving at the receiver, one can easily calculate¹⁵ the predetection, (denoted by subscript ND) SNR as :

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{ND} = \left(\frac{P_R}{2h\nu\Delta F} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

where ΔF is the band width

With a square law photo detector of photonic efficiency η the postdetection (denoted by subscript PD) SNR, when the detector dark current is neglected, is given by :

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{PD} = \frac{\eta P_R}{2h\nu\Delta F} \quad (13)$$

From (11) and (13) the postdetection SNR reduces to the form :

$$\frac{S}{N} = \frac{8\delta\eta P_t A_t A_r}{\pi^2 \lambda^2 h R \nu \Delta F} \quad (14)$$

This indicates that except for possible variation of δ and η with frequency, the post-detection SNR increase with the first power of frequency. The practical limits to this improvement with frequency lie basically in signal degeneration by atmospheric turbulence (changes of δ with frequency).

Most kinds of external interference are negligible in the optical region¹⁶. Thunderstorms produce noise only up to a few Mc. Cosmic noise is troublesome from a few tens of Mc to several hundred Mc. The atmosphere becomes able to radiate in the Gc range and becomes a strong source of noise through a few Tc. The only important external source of interference, however, is the sun. Its peak emission is at 340 Tc and it lays down about 1 kw per square meter at the earth's surface over a band 500 Tc wide. Hence protecting the receiving antenna (telescope or collecting mirror) against extraneous light and using both very directive input optics and a narrow-band interference-type filter, routine daylight operation would be possible over great distances.

4. Modulation :

A pressing problem for the full utilization of the potentialities of laser in communication is the development of methods for wide band modulation. Much theoretical work has been done on possible modulation schemes, but few

strength and small beam angle ($\sin \theta \approx \theta$) follows the expression : ^{14, 15}

$$\frac{I}{I_0} = \left\{ 2 \frac{J_1 (\pi \theta / \theta_0)}{(\pi \theta / \theta_0)} \right\}^2 \quad (7)$$

where I_0 is the maximum beam intensity at the center of the pattern, J_1 is the Bessel function of the first kind and first order and

$$\theta_0 = \frac{\lambda}{D} \quad (8)$$

with λ the wave length and D the source diameter. Expression (7) is represented graphically in Fig. 8 from which can be seen that

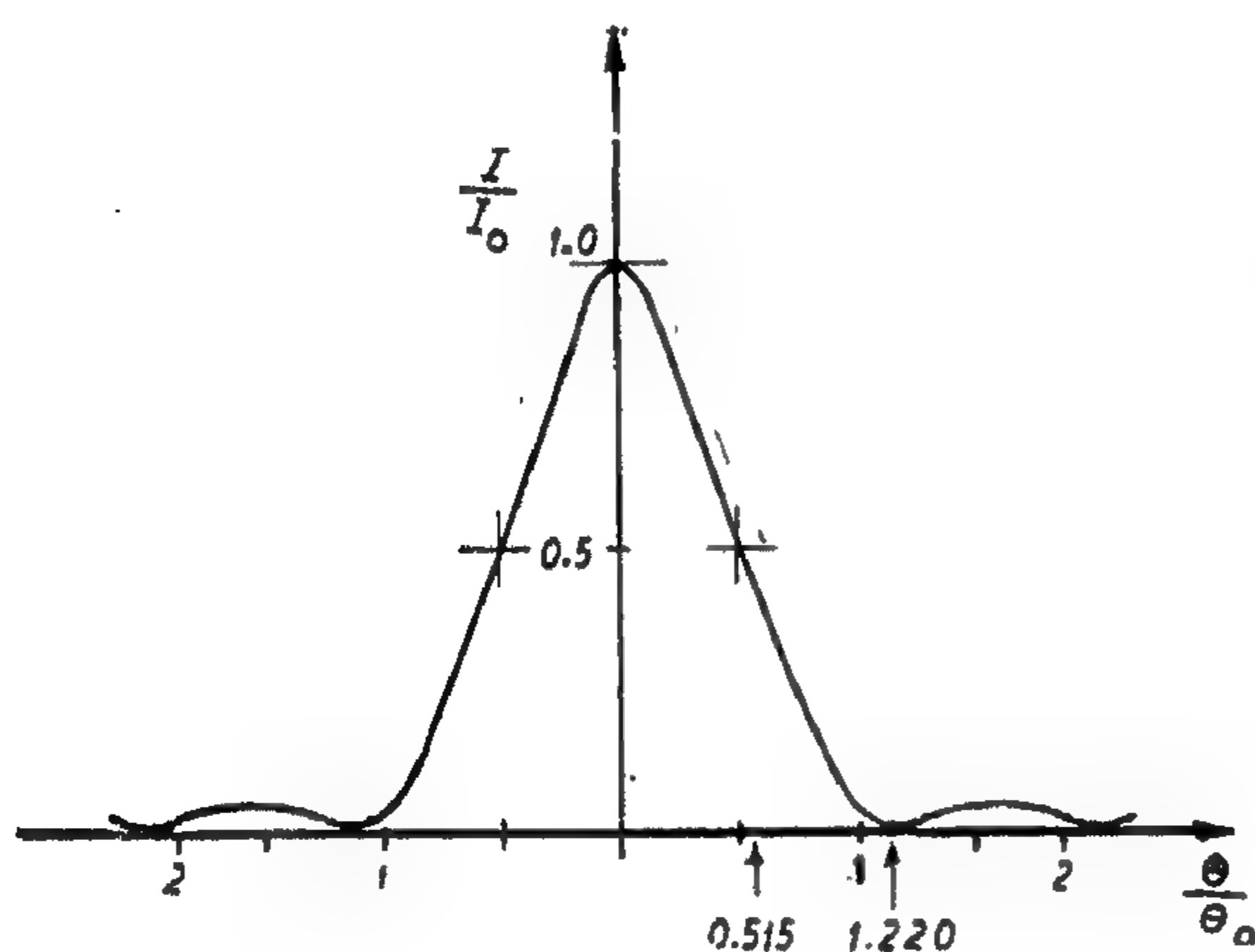


FIG. 8 — BEAM INTENSITY PATTERN.

the width at half intensity is $1.029\theta_0$. It follows that the beam solid angle is given by :

$$\Omega \approx \frac{\pi \theta_0^2}{4} \text{ steradians} \quad (9)$$

With a source area A_t and wave length λ (same units) (9) reduces to the form :

$$\Omega \approx \left(\frac{\pi}{4} \right)^2 \frac{\lambda^2}{A_t} \text{ steradians} \quad (10)$$

This shows that for a parallel beam the ratio of the wave length to the cross section the beam be as small as possible.

This suggests a transmitting and receiving antennas in the form of an astronomical telescope Fig. 9, provided that the optics remain diffraction limited. Therefore with a transmitter power P_t wavelength λ , area of transmitting antenna A_t and range R , the received power (P_r) is given by :

$$\begin{aligned} P_r &= \delta P_t \frac{A_r}{\Omega R^2} \\ &= \delta P_t \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \frac{A_t A_r}{\lambda^2 R^2} \end{aligned} \quad (11)$$

where A_r = area of the receiving antenna
 δ = optical transmission of the atmosphere.

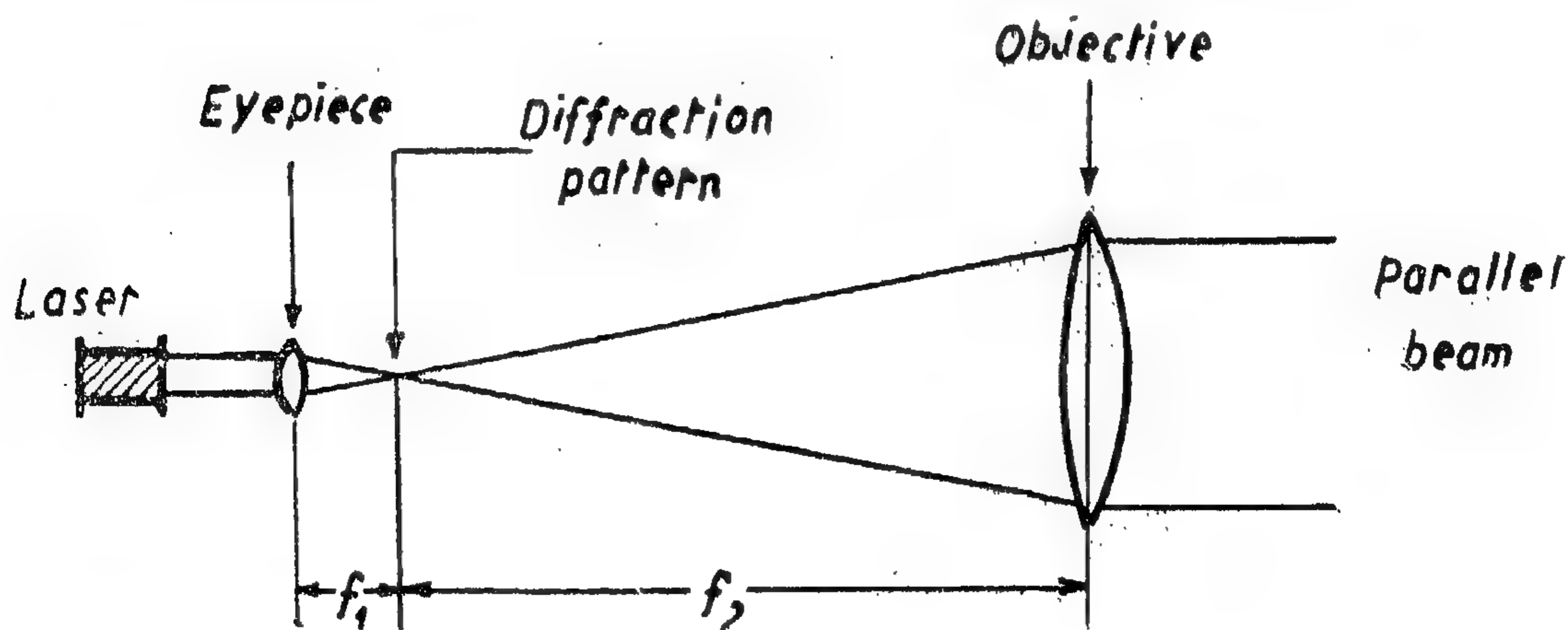


FIG. 9 — AN ASTRONOMICAL TELESCOPE.

minated with optical flates oriented at the Brewster angle to minimize reflections. Several permitted transitions have been observed in the He-Ne gas Laser. The strongest emissions takes place at 1.153 and 3.39 microns.

The gas laser is, in sharp contrast to solid lasers, a truly continuous device which can radiate milliwatts of coherent radiation for indefinitely long periods. It is extraordinarily monochromatic, the band width being typically of the order of 10^{-7} Å°. The frequency stability is very sensitive to any influence, thermal or acoustic, which can slightly vary the optical distances.

Before concluding this section it is important to note that other gas laser systems have been reported with helium, neon, argon, krypton, xenon, oxygen and cesium as the emitting atoms. Also high photon amplification have been achieved (for example the 2.03 micron output from He-Xe mixture), consequently it is possible to fabricate gas lasers with dimensions comparable to those of solid lasers. Moreover it is possible to realize an optical amplifier (excited gas mixture without mirrors) which may be of great importance in future applications of lasers specially in the communication field.

IV. *Lasers in Communication.*

1. *Possible Applications:*

Lasers, nowadays, are applied in a wide range of fields including manufacturing, medicine, biology, chemistry, metrology, ... as well as in communication. It is the last application that interest us at the moment.

The CW low powered laser has two important properties that are relevant in the field of communications. First, the coherence and collimation of the laser output permits focusing to extremely narrow beam widths. This fact is essential for the transmission of substantial amounts of energy over considerable distances. Therefore will provide the capa-

bility for point-to-point communication over stellar distances. Moreover the high directivity also is important for high security communication systems and anti-jam capabilities since the receiver or transmitter must be in line with the laser in order to intercept the extremely narrow laser beam. For terrestrial communications, scattering and refraction due to atmosphere, rain and cloud appear, at present, to be against the realization of adequate range. Countless number of laboratories¹³, however, are in active study to overcome these difficulties.

The second property is related to the extremely-high frequency of the device. The step from microwaves to the optical region expands the available bandwidth by a factor of 10^4 or more. Hence the laser will provide information rates several orders of magnitude greater than presently attainable. However, it remains to develop practical methods for broad band modulation and detection, as well as revolutionary developments in presently available data-handling and processing equipment.

The high powered pulse laser, on the other hand, with its extremely high intensity and narrow beam width is useful for altimeters and range-finding radars. Improvement in the monochromaticity (time coherence) will certainly lead also to the development of high precision Doppler radar. In such radars the frequency shift, which varies directly as the velocity of the moving body and the frequency of the impinging radiation, will be orders of magnitude higher than can be attained by existing microwave Doppler techniques. Thereby allowing better speed measurement to an accuracy of 0.001 miles per hour or even better.

2. *Propagation characteristics:*

From diffraction theory, one can easily show that the light distribution on a plane parallel to and at a great distance from a circular source of coherent plane waves of uniform

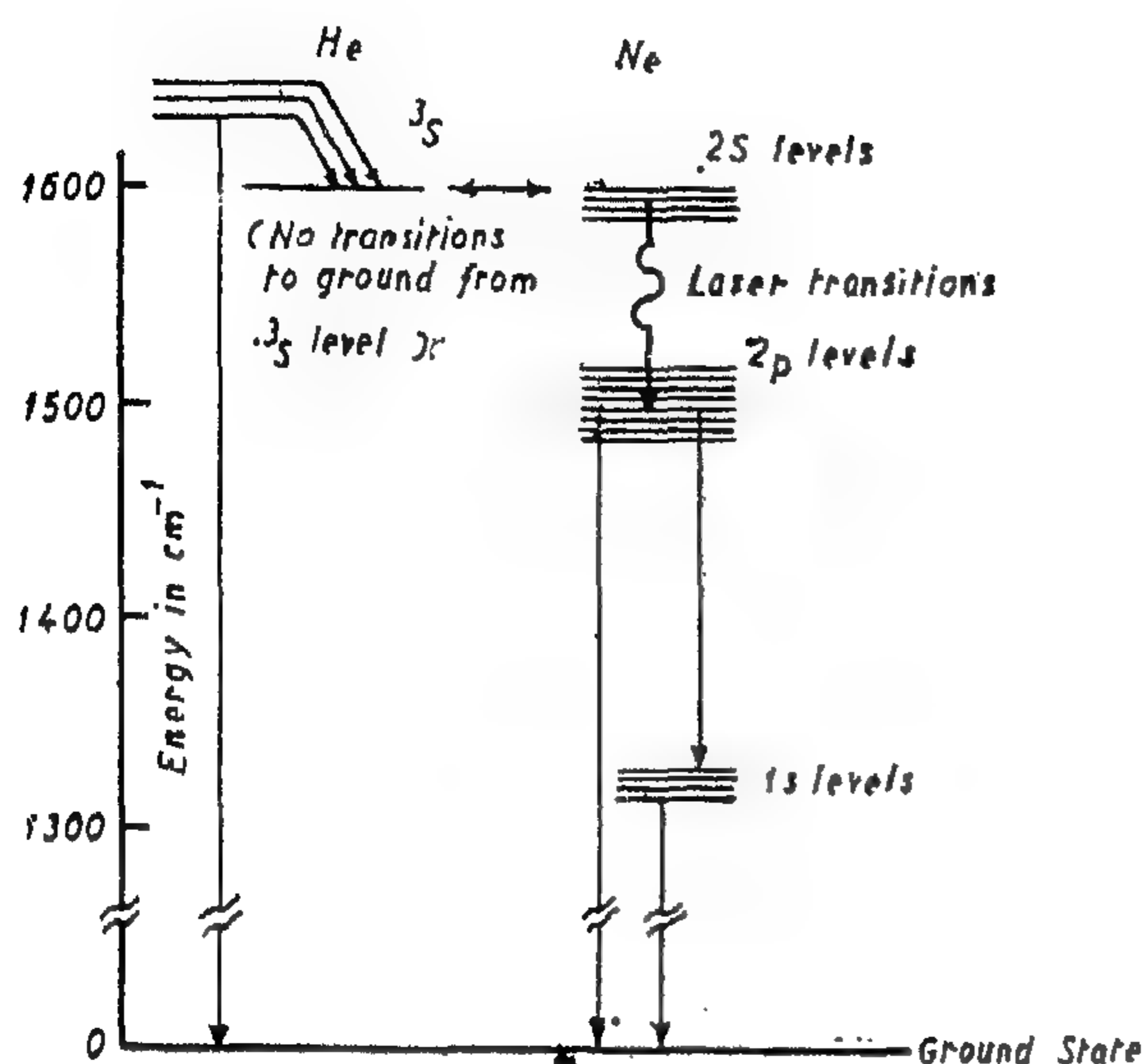


FIG. 6 — LASING MECHANISM OF HELIUM NEON GAS LASER.

exchanged between colliding atoms of different kind. This is important when it involves a metastable level of one atomic species and an ordinary level of the other. The second

species therefore provides a path of escape from the crowded metastable level and a significant transfer of excitation to atoms of the second kind may create population inversion. The lasing mechanism can be easily understood from Fig. 6.

The first gas laser⁽⁴⁾ employ a mixture (1.0 mm Hg) of helium and (0.1 mm Hg) neon. These gases are enclosed in a tube which is typically one meter long and has an inside diameter between one and two cm and is excited by an r.f. discharge at about 27 MC. Optically flat parallel reflectors[§] are used at both ends as diagrammatically shown in Fig. 7. Typical reflectivity of 99% and transmittance of 0.3% at the operating frequency can be achieved by a multilayer dielectric coating. The bellows shown in figure are included to facilitate the critical adjustment of the mirrors. In a modified arrangement⁽⁷⁾, that permits non critical adjustment and provide for greater efficiency, two confocal reflectors are used external to the tube which must ter-

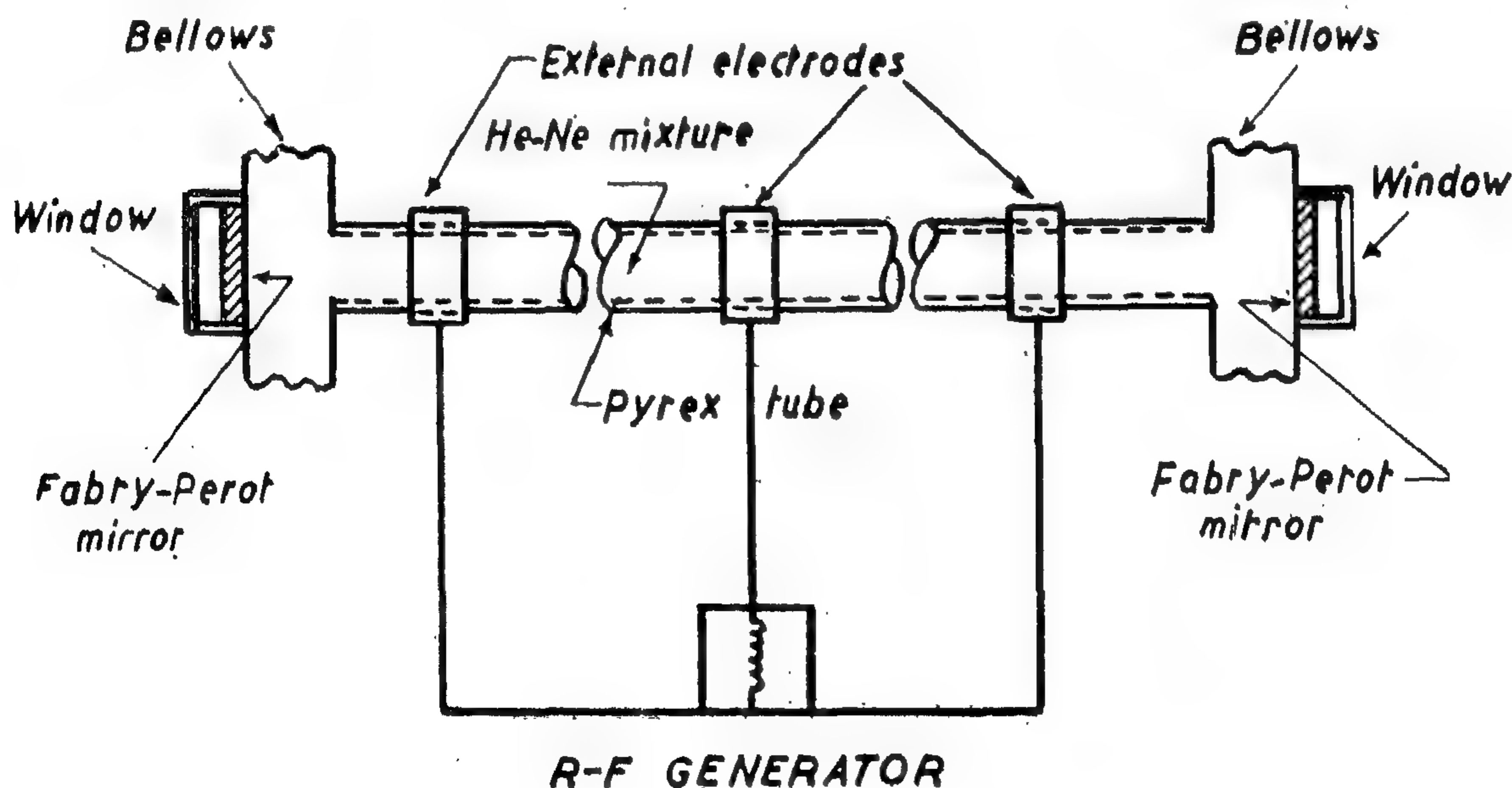


FIG.7-DETAILS OF HELIUM-NEON GASEOUS LASER

§ Flatness should be within $1/50$ to $1/100$ of a wavelength and parallelism to within few seconds of arc.

diffusing an acceptor, mostly Zn, into a carefully prepared plane surface of a Ga As wafer doped with approximately 10^{18} donors/cm³. This diode is then cut as shown in Fig. 5 in

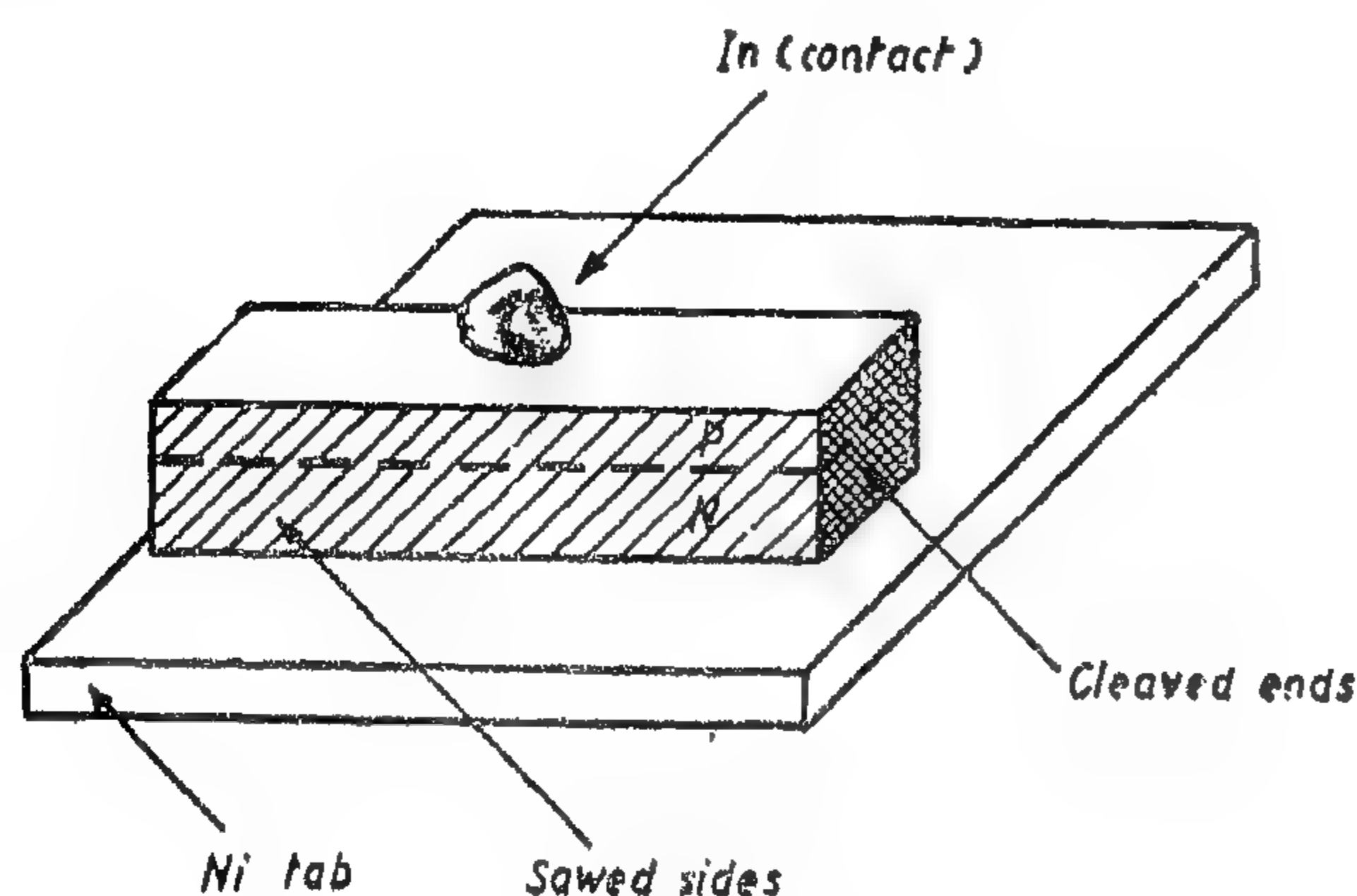


FIG. 5—Ga As INJECTION LASER

the form of a rectangular parallelepiped with smooth and optically flat faces perpendicular to the p-n junction plane. Typical dimensions of the junction are 0.1 to 0.2 mm wide and 0.5 to 1 mm long. Amplification occurs along the length of the rectangular parallelepiped and the highly directional beam emerges out of the small area. It is not necessary to coat the small faces of the specimen with any reflecting coating since the high index of refraction of GaAs will cause about 35% reflection of the 8400 Å emission. The specimen is then mounted on a suitable transistor header and an indium dot or plated contact made to it.

The threshold for stimulated emission occurs at current densities of roughly 10^3 amps/cm² at 4.2°K (liquid helium) and 10^4 amps/cm² at 77°K (liquid nitrogen). The internal quantum efficiency — the injection of each electron (or hole) results in the emission of a photon — is about unity at the low temperature but is only few percent at the higher temperature. In both cases, only a small part of the emitted photons do escape the crystal because of internal absorption.

The potentialities of the semiconductor in-

jection lasers are numerous since they have inherent attractiveness of direct conversion of electrical energy to coherent radiation as contrasted to optical pumping. Moreover high output power of 200 milliwatts in the CW mode have been reported. However the emission from GaAs diodes is inferior to other lasers in that the band width is much broader (the smallest value reported for GaAs commercial diodes is $\Delta\lambda = 8\text{Å}^\circ$ while for gas lasers a typical value is 10^{-7}Å°).

4. Gaseous Lasers:

In cases, as in solids, stimulated emission of radiation occurs only in a condition of population inversion. The main difference between gases and solids is due to the absence of broad absorption bands in gases. This implies that an ordinary black-body type source cannot be used for optical excitation and only irradiation by high-intensity spectral sources whose emission lines coincides with an absorption line of the gas can be used. Fortunately, there are two means of excitation in a gas that are absent in a solid: excitation by electron collision and transfer of excitation between colliding atoms. Of significant importance is the fact that the phenomenon of transfer may take place even between atoms of different elements (resonant transfer) provided nearly identical energy-level differences are available in atoms of both elements. The probability of this phenomenon is proportional to $\exp. (-\Delta/KT)$ where Δ is the energy difference of the participating levels and T is the temperature of the gas mixture.

Excitation by electron collision can be most conveniently accomplished in an electric discharge where ions and free electrons are formed. They are accelerated by the field that created the discharge and they acquire a kinetic energy from the power fed into the discharge. The excited atoms cascade down the energy scale. When more than one gas is present in a discharge, excitation may be

sible"). With this type of geometry it is possible to obtain a laser pulse output at 6,943 Å with an energy content of about 20 joules for an input of 2,000 joules. For still higher power laser cavities have been developed using four ellipses which have one common focal line at the location of the ruby crystal.

CW operation using ruby crystals have been achieved with a relatively small output of the order of milliwatts. The major difficulties encountered with such designs lies in the construction of a powerful light source capable of continuous operation combined with suitable optics to concentrate irradiation on the crystal. Moreover adequate cooling is necessary to remove the heat generated within the ruby as a result of radiationless transitions.

The output of CW ruby laser is subject to essentially the same high frequency pulsations (relaxation oscillations) that are observed in the output of pulsed ruby lasers.

2. Solid State lasers other than Ruby :

Apart from the phenomenon of random spiking (relaxation oscillations) observed in the output of the ruby laser, the ruby has one other major drawback, this is the relatively high excitation intensity needed to obtain laser action. Being a three-level medium, the threshold condition for ruby can only be attained when more than half the chromium atoms be raised from the ground state to the excited state. A substantial improvement can be attained by employing four level mediums. A growing number of such mediums have been used successfully with host materials such as calcium tungstate, calcium fluoride and glass replacing the aluminum oxide. A number of dopants such as neodymium, dysprosium, ytterbium, samarium and other rare earth elements together with uranium have been used in place of the chromium. The frequency of operation is determined primarily by the dopant. The

host material is relatively unimportant when rare earths are used, however, it is necessary to choose a single crystal which is optically clear and which has a suitable lattice into which the dopant may fit.

It is important in these four-level materials to note that the terminal level (1) of laser action is generally only few hundred wave numbers ($1/\lambda$) above ground level, therefore they are populated at room temperature to a degree that makes negative absorption difficult to achieve. Hence sometimes it is essential to operate at liquid nitrogen temperature (77°K). Spiking have been reported in pulsed operation of some of these lasers but not in the CW mode.

Another relevant fact is that all these lasers are in the infrared region of the spectrum. This is a direct consequence of the existence of optical pumping sources only in the visible region. Lasing in shorter wave lengths than the infrared (for example in the blue and green as well as in the near ultraviolet) require the development of efficient high-energy light sources in at least the ultra-violet range.

3. Semiconductor Injection Lasers :

These devices differ from previously described lasers in that they are excited by the flow of an electric current across a forward biased p-n junction which causes the emission of light in a thin layer adjacent to the junction. This radiation is due to the recombination of charge carriers injected through the n and p regions. This recombination radiation has been observed over a period of many years from forward biased p-n junctions of the II-VI compounds, however, the most efficient injection light source at present is the 'GaAs' diode¹⁰. The exact nature of the recombination process and the transitions which are involved in the emission of light are still under investigation¹¹

A typical injection laser¹² is made by first

a) For pulsed operation the minimum energy required is given by :

i) Three-level Laser medium :

$$E_{\min} = \frac{N}{2 \eta} h \nu_3 \quad \text{Joule/cm}^3$$

Where N = the number of atoms/cm³ in the ground state.

η = pumping quantum efficiency (fraction of atoms that decay to level 2 from 3.

ν_3 = frequency corresponding to band 3.

ii) Four-level laser medium :

$$E_{\min} = \frac{N_2 h \nu_3}{\eta} \quad \text{Joule/cm}^3$$

b) For CW mode of operation the minimum power required is given by :

i) Three-level laser medium :

$$P_{\min} \simeq \frac{Nh \cdot \nu^3}{2 \tau \eta} \quad \text{Watt/cm}^3$$

where τ is the spontaneous life time of the metastable state.

ii) Four-level laser medium :

$$P_{\min} = \frac{8 \pi h r^2 \nu_s^2 \Delta \nu}{\eta C^2} \times \frac{(-I_n \sqrt{r_1 r_2})}{L}$$

watt/cm³

Where r is the index of refraction.

It is important to note that the spectral purity of the emitted light (monochromaticity) from gas lasers is a rival to the high-quality crystal oscillator. The fractional band width of the first being one part in 10¹¹ or better ($\Delta \lambda$ is 10⁻⁷ Å at 1 micron or a band of 3 Kc for a carrier of 300 Tc.); for the second however a representative figure is only one in 10⁹. For semiconductor injection lasers the condition at present is even worse (1 part in 10⁴) and this is due to cavity problems.

III. Description of Lasers :

1. The Ruby Laser :

The first solid state Laser built was made of ruby^(a), single crystal aluminum oxide (Al₂O₃), containing 0.05% (by weight) of chromium oxide (Cr₂O₃). The chromium atom, in their trivalent ionic state, are the active entities while aluminum oxide is the host. A typical ruby assembly is shown schematically in Fig. 4. The ruby rod vary

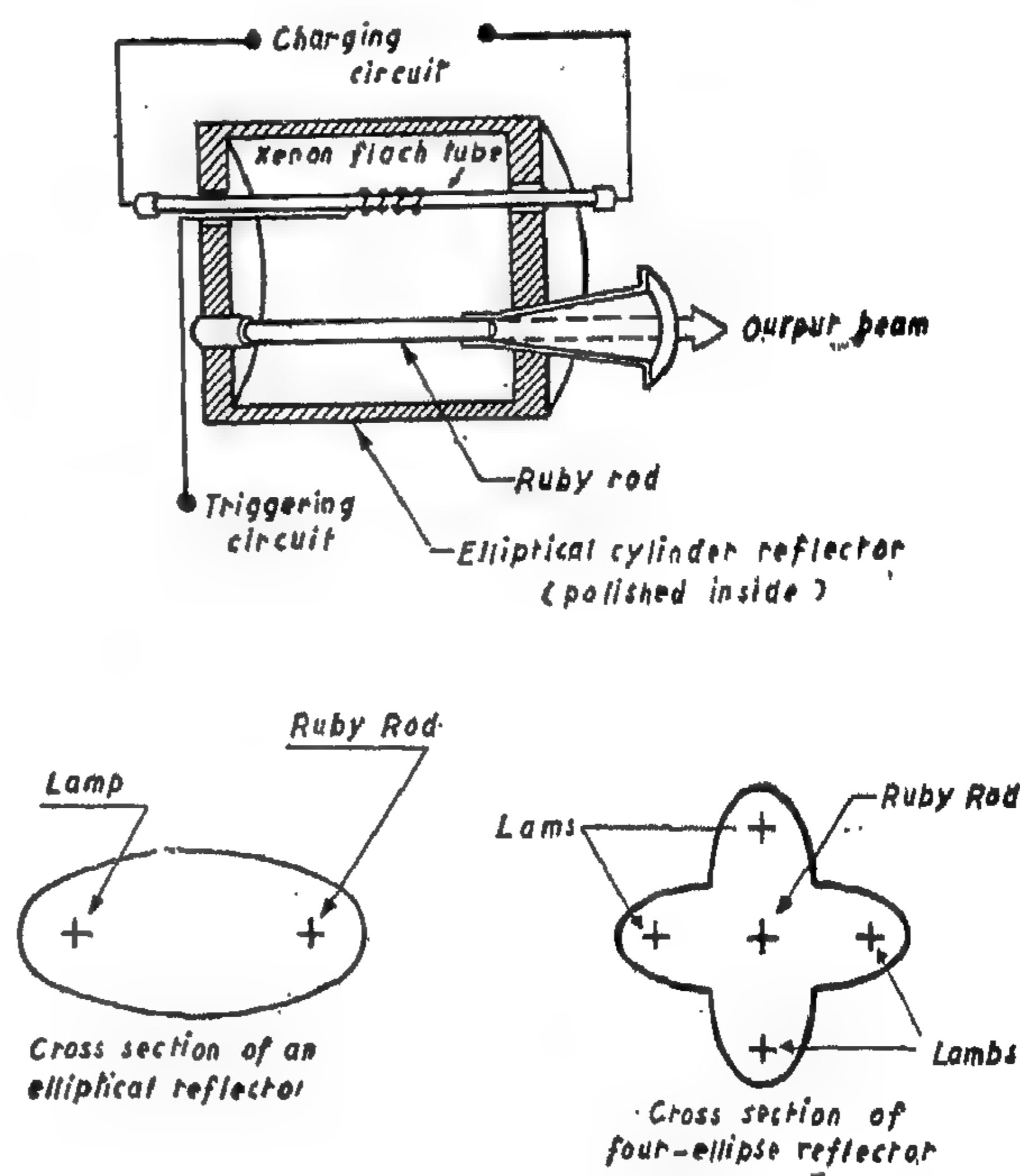


FIG. 4 — SCHEMATIC DIAGRAM OF A RUBY LASER.

in size between 0.1 and 2 cms in diameter and between 2 and 23 cm in length. The ends of the cylinders are polished flat and parallel to a small fraction of a wave length (see foot note page 8). Silver coating is applied to make one end fully reflective, the other end is partially silvered to provide transmission between 10 and 25 percent. This ruby rod is placed into one focal line of an elliptical cylinder and a straight xenon flash tube is placed into the other focal line (with ruby and lamp having similar diameters more efficient pump light capture would be pos-

of level 2 and that no amplification (inverted condition) would occur unless the supplied energy exceeds the value required to pump at least half the atoms in the ground level. Such waste is eliminated in a four-level laser material because, with level 1 normally unoccupied ($E_1 \leq 8 \text{ k T}$), amplification can begin as soon as there is significant occupation of level 2.

Once the active medium has been prepared, for light amplification, it can be enclosed in a cavity resonator. The role of the resonator is to maintain an electromagnetic field configuration whose losses are replenished by the amplifying medium through stimulated emission. At centimeter waves it is not difficult to build a resonator having the dimensions of a wavelength and so designed to maintain one mode of oscillation. At optical lengths Townes and Schawlow proposed an optical resonator such as shown in Fig. 3. Imagine an intense

emission of photons $h\nu_{12}$ from all atoms pumped in the excited state. If the gain on repeated passes is enough to make up for the losses, a steady wave will build up and can escape through the end that is provided with a partially transmitting mirror. This output will be extremely directional, very powerful and essentially monochromatic. However, the diffraction which takes place at the circular periphery of the cavity imparts a small divergence component (about 0.001° for 1 cm periphery) to the beam.

Quantitatively the threshold condition (or the start oscillation condition) can be derived if one assumes that the losses in the cavity result mainly from the finite transmission (reflection coefficients r_1 and r_2 smaller than 1) at the reflecting surfaces ($x = 0$ and $x = L$). In one complete passage the energy of the wave will change by a factor :

$$F = r_1 r_2 \exp. [-2 \alpha(\nu) L] \quad (5)$$

Therefore steady oscillations may be maintained if the peak value of $\alpha(\nu)$, as given by equation (4), takes a negative value α_m which makes F equal to unity (gain is equal to losses). It follows that at threshold :

$$\alpha_m = \frac{I_a \sqrt{r_1 r_2}}{L}$$

Therefore any deterioration of the reflectors must be compensated by increased length or a penalty is paid in the form of increased threshold of excitation.

To determine the minimum required excitation at the crystal surface it is necessary first to estimate the minimum energy required to pump the atoms to the metastable state. This value does not only depend on whether the laser material is a three- or four-level medium but also on the mode of operation. Useful relations are available in the work of Yariv^{7,8} they are :

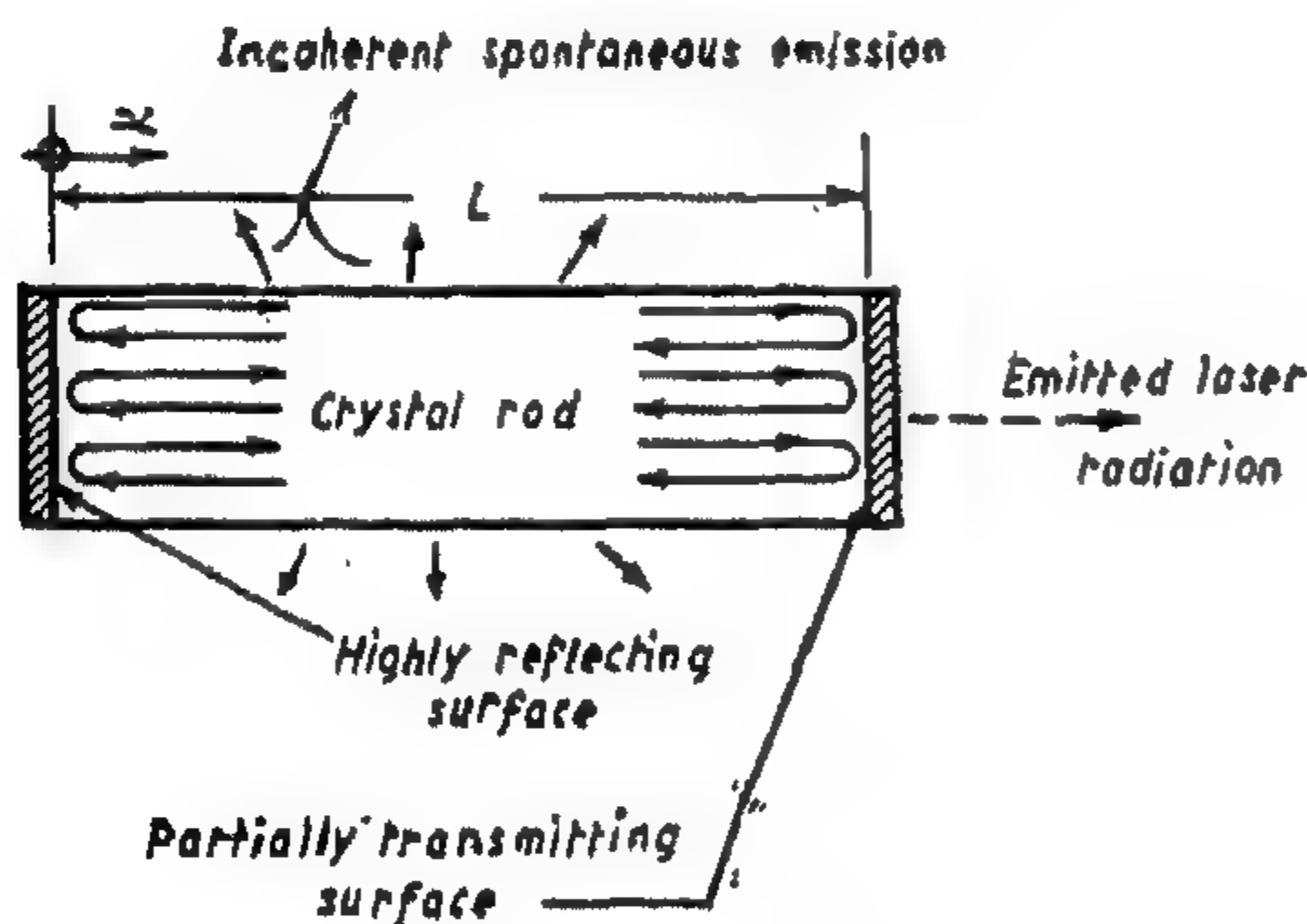


FIG. 3 - FABRY-PEROT RESONATOR FOR LASERS.

light source is flashed on the cylinder thereby pump the atomic system such that it brings about a population inversion between levels 2 and 1. In a fraction of a second spontaneous emission of photons $h\nu_{12}$ will occur. Most of this will escape through the sides of the cylinder, however, some will travel parallel to the axis and perpendicular to the ends and will be reflected back and forth by the mirrors[§]. As they traverse the medium they stimulate

[§] For the bouncing the wave not to escape from the sides rigorous geometrical requirement on the flatness of the mirrors (to within $1/20$ to $1/100$ of a wave length) and parallelism (wedge angle $1/2000$ of a degree) must be maintained.

- λ = wave length in vacuum
 r = index of refraction
 τ = lifetime of the spontaneous emission from level n to level m

$g(\nu, \nu_0)$ = normalized line shape (Lorentz curve) with center quency ν_0 and half width $\Delta\nu$.

ν = frequency of radiation ($= C/\lambda$).

The quanta which is emitted spontaneously will not contribute significantly to the beam because this radiation is only in a scattered form. If however N_n can be made greater than N_m , with $n > m$ (that is a state of population inversion), a condition of amplification (negative absorption) can be realized. In this case incoming radiation of the proper frequency ($\nu = \nu_{nm}$) will induce predominantly down transitions, with the emission of radiation, and the material will act as an amplifier of radiation at the proper frequency. The back ground spontaneous radiation which is also emitted at the same frequency will appear as amplifier noise.

3. Threshold Condition

Population inversion, the first condition for laser action, can be accomplished if the laser material possesses an energy level diagram of the types shown in Fig. 2 and if the following necessary conditions are also satisfied :

- i — Level 2, in Figs 2-a and 2-b is a metastable state, therefore its spontaneous lifetime is much longer than the spontaneous lifetime of all other levels.
- ii — The rate of radiationless transfer from the upper most level to the level at which the laser action begins be fast compared to the other spontaneous transition rates.
- iii — A rapid rate of spontaneous transition from the laser terminal level (1) to ground, in a four-level laser, is necessary otherwise a stopping phenomenon

will occur if the population of this level increases.

- iv — The breadth of the absorption band is a practical necessity because there is not enough energy available from ordinary sources of radiation in a narrow band.

To understand the lasing mechanism and realize the difference between three and four-level laser materials, suppose a three-level material Fig. 2-a, is supplied by radiation of

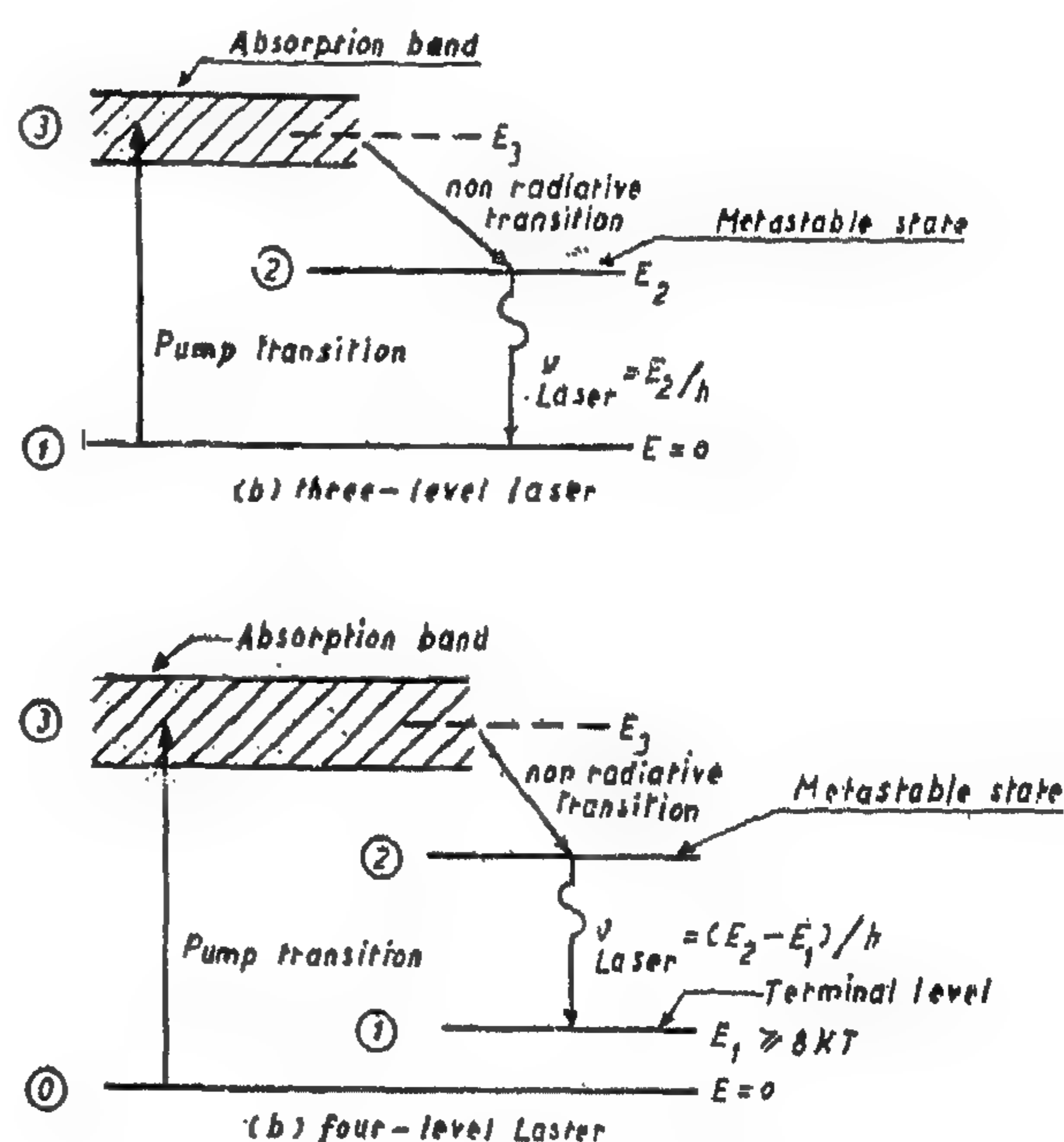


FIG. 2 — TYPICAL ENERGY LEVEL DIAGRAM OF LASER MATERIALS

frequencies which produce absorption in the broad band 3. Most of this absorbed energy is transferred by fast radiationless transitions into the intermediate sharp level 2 then by spontaneous return (ordinary fluorescence) to ground level. When the exciting radiation is sufficiently intense, it is possible to have a population density at 2 greater than at the ground level. In which case, the spontaneously emitted photons travelling through the crystal will stimulate induced emission which will be superposed on the spontaneous emission. It should be noticed that the ordinary fluorescence acts as a drain on the population

Time coherence, on the other hand, is the laser property which permits its exploitation for communication and make it a rival for the best electronic oscillators. In contrast, all conventional light sources are essentially noise generators and are unsuitable for anything more than the crudest signalling purposes.

2. Absorption, Emission and Amplification of Radiation:

Atomic systems (such as atoms, ions and molecules) can exist in certain stationary states characterised by quantum numbers. Each of these states corresponds to a definite value of energy called energy level. When two or more states have the same energy, the level is called degenerate and the number of states, with the same energy, is the multiplicity of the level. In thermal equilibrium, at absolute temperature T , the atoms of the system are distributed among the different states in accordance with Boltzmann's law and it follows that the population of the energy levels n and m are related by the formula:

$$\frac{N_n}{g_n} = \frac{N_m}{g_m} \exp \left(- \frac{E_n - E_m}{kT} \right) \quad (1)$$

where N_j = number of atoms in state j

E_j = energy in state j

g_j = statistical weight (multiplicity) of state j

k = Boltzmann's constant

Atoms are capable of existence for brief periods of time at any of the several energy levels, however, transitions to higher levels must involve, according to Planck's Law, the absorption of a photon $h\nu$ such that:

$$h\nu_{nm} = E_n - E_m \quad (2)$$

where h = Planck's constant

ν_{nm} = the frequency characteristic of the particular transition (between n and m).

The excited state of the atom is unstable and after a life time (τ) the atom will, without any external stimulus, make a transition

to the lower energy state giving off a photon $h\nu_{nm}$. This process is called spontaneous emission. This radiation will emerge from the atoms of the assembly in random phase and consequently the gas will emit as an incoherent source.

An interesting event occurs, however, if a photon of energy $h\nu_{nm}$ falls on an atom while it is still in the excited state. In that case the atom is immediately stimulated to fall into the lower energy level with the emission of a quantum of energy at the same frequency. It is significant that the stimulated radiation is in phase with the radiation which stimulated it. These processes are described in Fig. 1.

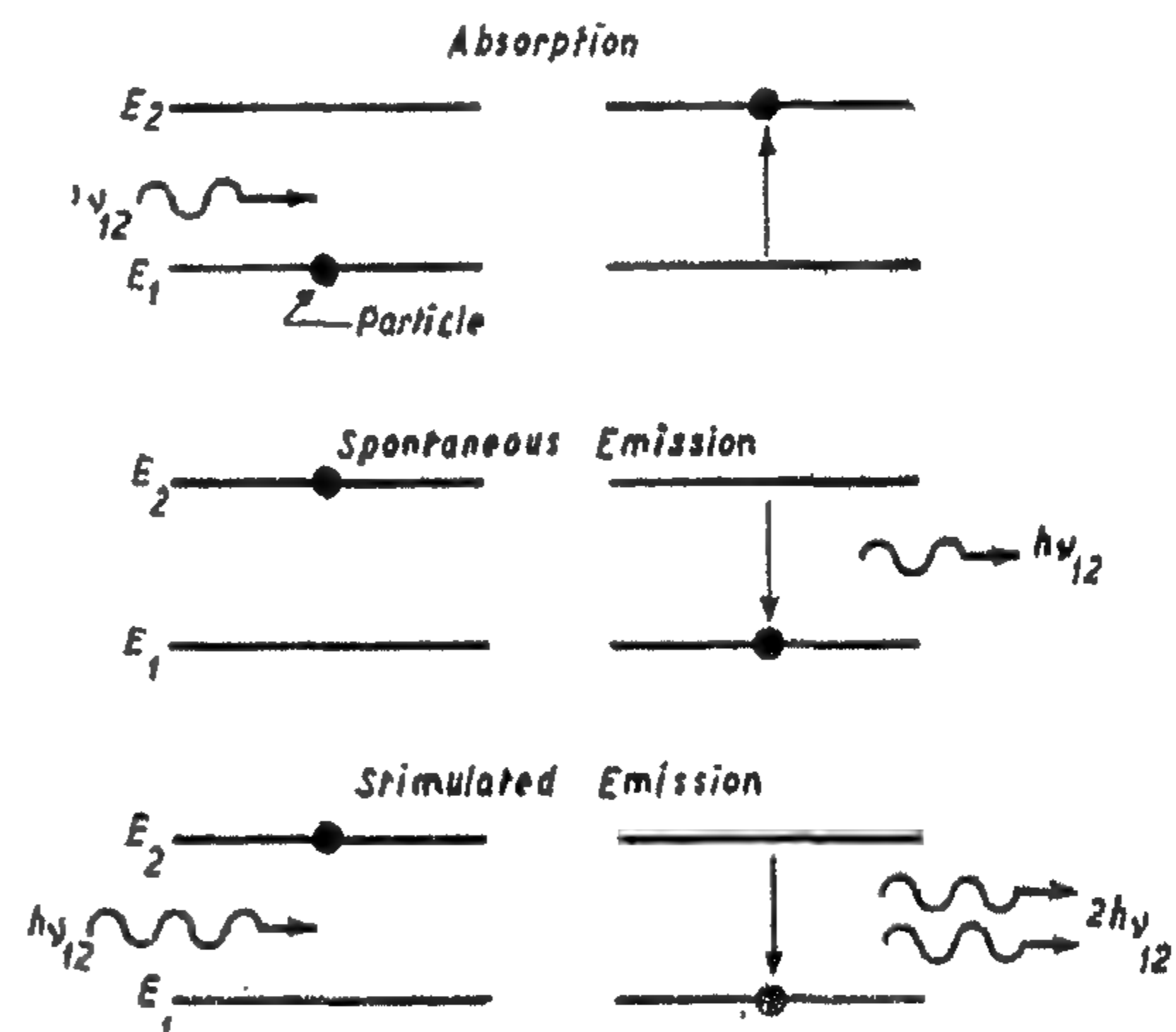


FIG. 1—ABSORPTION & EMISSION PROCESSES OF RADIATION.

At thermal equilibrium the number of atoms/cm³ in the upper state is smaller than the corresponding number at a lower state. Hence it can easily be shown that incident collimated beam of intensity I_0 and frequency ν will suffer in travelling a distance x , a net loss according to the relation:

$$I = I_0 e^{-a(F)x} \quad (3)$$

where

$$a(\nu) = \frac{(\lambda/r)^2}{8\pi} \frac{[N_m g_n / g_m - N_n]}{g(\nu, \nu_0)} \quad (4)$$

PRINCIPLES OF LASERS AND THEIR APPLICATIONS IN COMMUNICATION

by

AHMAD AZIZ KAMAL, Ph. D.
*Lecturer, Faculty of Engineering,
Cairo University*

I. Introduction :

The term Laser (Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation) is used interchangeably in the literature with the term optical maser ('m' in maser stands for microwave) as a notation for the same device. This comes about because both the maser¹ and the Laser², introduced in 1954 and 1958 respectively, belong to the same new and rapidly growing family of quantum electronic devices. Instead of utilizing free electrons — as conventional vacuum tubes do — masers and Lasers make use of intrinsic energy oscillations within the structures of particles of matter. Individual ions or molecules are used to generate and amplify coherent electromagnetic radiation in the optical region of spectrum (around 300 teracycles). This concept has removed the frequency limitations encountered by conventional microwave generators and correspondingly extended the useable range of electromagnetic spectrum by a factor of 10^4 . The problems and physical methods for achieving laser action, however, differ from those for the maser. The following discussion will be limited to the laser.

The successful demonstration of Miman's ruby laser³ and Javan's helium-neon laser⁴ in 1960 stimulated a countless number of scientists and engineers to study new laser materials and to explore and extend the field of its practical applications.

In this paper, the author presents several aspects of the laser which are relevant for its

exploitation in communication such as propagation characteristics of laser beam, noise, modulation and detection. For the proper orientation of the communication engineer a review of the state of the art is included together with a full description of different versions of the device.

II. Review of Basic Principles :

1. Coherent Light :

It is an experimental fact that all classical sources of light lack the property of coherence between light emanating from different points of the radiator. Coherence, the remarkable property of lasers, is of two kinds: spatial coherence and time coherence. A wave is spatially coherent over a time interval if there exists a surface over which the phase of the wave is the same or is correlated at all points. A wave is time-coherent at an infinitesimal area on a receiving surface if there exists a periodic relationship between its amplitude at any one instant and its amplitude at later instants of time.

Spatial coherence is the property that accounts for two important features of laser beams that cannot be attained with other sources of light: i) the beam is highly directional;

ii) the beam can be focused to a spot whose diameter is of the order of one wave length giving intense power density.

REFERENCES

1. Abdel Aziz, M. K., and Hofmann, W.: Versuche zur Pressschweissung von Aluminium bei verschiedenen Temperaturen. Aluminium 36 (1960), p. 311-317.
2. Miller, Mike A., and Glenn W. Oyler: Pressure welding Aluminium at various temperatures. Weld. J. 30 (1951), p. 486 S.
3. Ruge, J.: Die Kaltpressschweissung von Metallen. Dissertation T H Braunschweig (1952).
4. Abdel Aziz, M. K.: Effect of crystal orientation on the cold pressure welding of Aluminium. The Bulletin of the Faculty of Engineering, Ain Shams University, Nr. 2 (1962-1964), p. 43-64.
5. Erdmann-Jesnitzer, F.: Metallphysikalische Grundlagen der Pressschweissung. Aluminium 33 (1957), p. 730.
6. Becken, O., and Havers, K.: Beim Punktschweissen von Kohlenstoffstahl erreichbare Scherzugkräfte bei Blechdicken bis 6,0 mm. Schweissen u. Schneiden, Bd. 13, Nr. 4 (1961), S. 127-135.
7. Tylecote, R. F.: Further Investigations on the Pressure Welding of Light Alloy Sheet. Trans. Inst. Weld. 11 (1948). S. 94 r.
8. Glage, W.: Einflussgrössen, Güte und Festigkeiten beim Widerstandspunktschweissen. Schweissen u. Schneiden, Bd. 13, Nr. 4 (1961), S. 135-139.

the following formula exists :

$$\log \frac{P}{S} = \log K + n \log S$$

$$\text{or } \frac{P}{S} = K.S^n$$

$$\therefore P = K.S^{(n+1)} \quad \text{i.e. } P = K.S^m$$

where K = constant given by the inter-

cept on the $\frac{P}{S}$ axis

n = exponent given by the inclination of the straight line on the S -axis.

5 SUMMARY AND CONCLUSION

The cold pressure lap welding tests on pure-Al strips, gave the following results :

- 1) Optimum weld strengths could be achieved, if the material is allowed to deform freely under the welding pressure to undergo a percentage decrease in thickness (η) ranging between 50 and 70 %. The lower value corresponds to a small strip thickness ($t_0 = 1.5$ mm) used with die type "B", and the higher value corresponds to a large strip thickness ($t_0 = 3.0$ mm) irrespective of the die type. For die types "C₁ and C₂", the given values of (η) which are apparently very high (between 65 and 80 %) represent only the maximum values. If the mean values of η are considered (about half the maximum values), they would be found to lie within the lowest range of 35-45 %.
- 2) The deformation degree (η) increases with the welding pressure according to the equation :

$$P = P_0 \cdot e^{C\eta}$$

the pressure increases with increasing (t_0). But the related values of the optimum pressures to the thickness P_{op}/t_0 show a general tendency to decrease with increasing (t_0), giving the most efficient results at a thickness t_0 ranging between 2.5 and 3.0 mms.

- 3) The term "Efficiency of pressure application" (ratio P/S) has been introduced to give some practical indication of the overall weld efficiency. According to

this measure, and considering optimum conditions, the best efficiency (lowest values of P_{op}/S_{op}) is got with die type "B", for all strip thicknesses, followed by the other types, C₁-A-E₁-D₁-D₂ then C₂, which showed a general improvement with the increase in thickness up to the range of 2.75-3.0 mms, indicating the effect of the die size w.r.t. the strip thickness.

- 4) With rectangular die faces, better results were attained when the major axis of the rectangle lies in parallel with the specimen axis (type D₁ and E₁) than when lying at 90° to it. Also with sharp-edged type the efficiency of pressure application is better than with rounded edges.
- 5) For the most efficient results got with die type "B", a diagram has been drawn which could be of practical use. With this die type a straight line relation was found between ($\log S$) and

$$\left(\log \frac{P}{S}\right) \text{ for all thicknesses.}$$

A thorough investigation for this ring-type die with the aim of getting the best ring dimensions (ratio of outside to inside diameters) for constant ring face area w.r.t. the strip thickness could be of great interest in arriving at a better weld efficiency. It is also assumed, by the author, that a modified ring-type die with cross ribs (button-type) would result in a bigger weld area at the interface without affecting the ease of metal flow under the applied pressure. This study will be next carried out in the same direction.

Figure 27 shows the severely deformed crystals at the interface for a joint of type C, ($\eta = 77,2\%$); the interface is perfectly welded and no oxide inclusions are present, (the specimen broke also under tearing outside the welded joint).

The ratio P_{op}/t_0 , as shown in figure 24, decreases with increasing (t_0) up to a thickness of 2,75 mms, after which it tends to remain constant or slightly increases for all die types. However with die type "B", this ratio remains approximately constant, indicating the uniformity of metal deformation with this ring-type die for almost all strip thicknesses used. The net result in our case, shows that the best size of strip suiting the die sizes lies between 2,5 and 3,0 mms, except for die type "B" by which the most efficient size is the 2,0 mm strip. Considering the die face areas of about 50 mm², the efficient ratio of die face area to strip thickness ranges between 17 and 25.

4.5 Characteristics of the ring-type die "B":

From the previous discussion, it has been found that the die type "B" with the ring-shaped face, gave the most efficient weld joints, viz. least values of P_{op}/S_{op} , most uniform characteristics of the metal flow under the applied welding pressure and meaningful shape of the corresponding curves representing the relationship (S) against (η) for all strip thicknesses (figure 8). Therefore, a diagram for this die type, giving the relationship between all parameters affecting the weld characteristics with this die has been drawn, figure 28. The diagram shows the effect of the welding pressure (P) and the efficiency of pressure application (P/S), represented on a logarithmic scale, on the resulting degree of deformation (η) and tension-shear force (S) of the welded joint. From the diagram, the optimum values could be read easily (first points marked with a small arrow) for any thickness. Beyond these optimum values, an increase in (P) produces a corresponding increase in (η)—as given by the straight line relation between $\log P$ and η —

however, the resulting increase in (S) is very slight (dashed parts of the curves), indicating the necessity to stick to the optimum values if efficient results are to be reached. The following example shows how to use the diagram: For $t_0 = 1,5$ mm, $S_{op} = 170,5$ kg at a pressure $P_{op} = 1300$ kg, giving an optimum efficiency $P_{op}/S_{op} = 7,62$ and the resulting deformation degree $\eta_{op} = 48,5\%$.

The relation between (S) and ($\log P/S$) gave a nice parabolic representation, for all thicknesses used in the tests, which, after plotting of ($\log S$) against ($\log P/S$), produced perfect straight lines, figure 29. The straight lines start from a value of $S = 1$ kg (the corresponding P —values start by 1100 kg for $t_0 = 1,5$ mm, and increases gradually with the increase in t_0 , up to about 1460 kg for $t_0 = 3,0$ mms) and end with optimum values of S ranging between 170 kgs for $t_0 = 1,5$ mm and 325 kgs for $t_0 = 3,0$ mms. Beyond the optimum values, the straight line relation loses its character, because failure will then occur by tearing outside the welded joint. Therefore, up to the optimum values of S ,

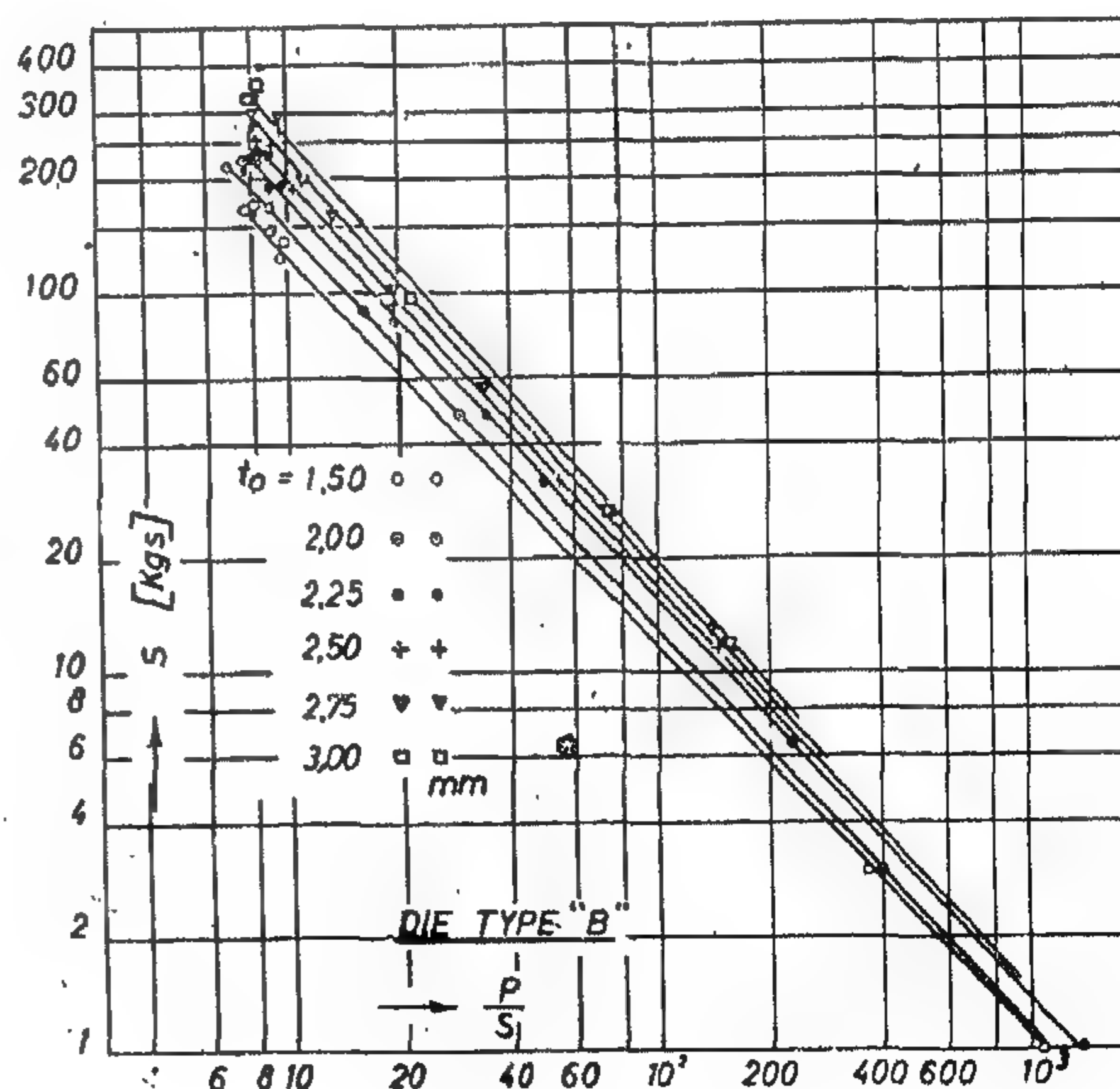


FIG. (29): Logarithmic representation for the tension-shear strength " S ", against the efficiency of pressure application P/S , for die type "B"

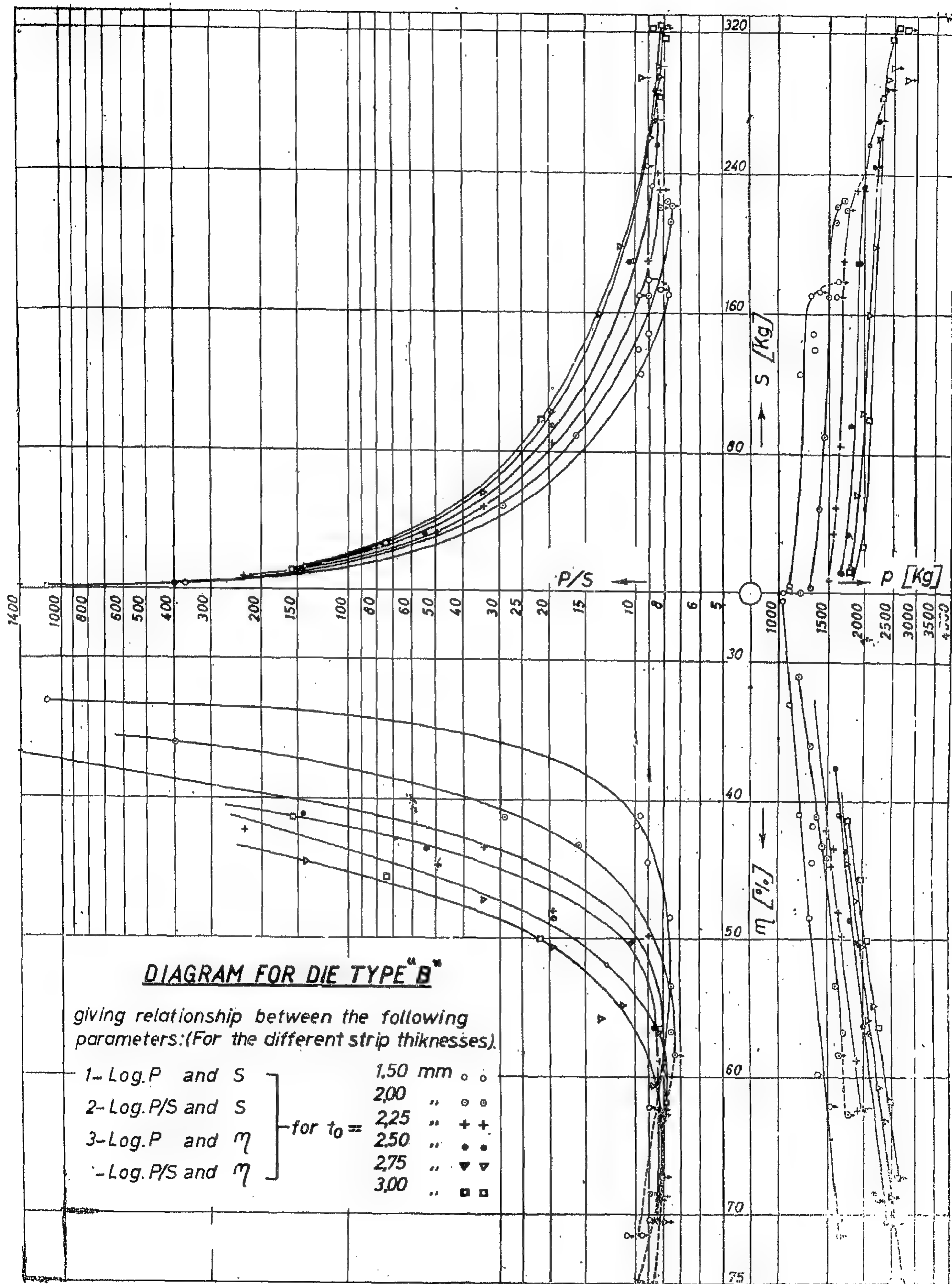


Fig. (28): Relationship between the different parameters affecting the weld strength, for die type "B".

4.4 Related optimum values of P and S to strip thickness t_0 :

Each of the die types used for the tests, had only one size, therefore it was thought that the variation of the strip thickness (t_0) would give an idea about the size effect of the die w.r.t. the material thickness, on the resulting weld strength.

In general, the optimum tension-shear force of the weld joint increases with the increase in strip thickness as previously discussed in 4.1. If the optimum values of tension-shear forces (S_{op}) and their corresponding welding pressures (P_{op}) are related to the thickness of the strip (t_0), the resulting ratios (P_{op}/t_0), resp. (S_{op}/t_0) can be taken to represent in some way, the size effect of the die on both the optimum values S_{op} and P_{op} . The latter ratios are therefore plotted against (t_0) in figures 24 and 25, from which it could be seen that there is a general tendency for the ratio (S_{op}/t_0) to

increase with increasing (t_0) for die types C_1 , C_2' , D_1 and D_2 (of spherical or rounded faces) while for die types A, B and E_1 (with flat sharp edged faces) this ratio decreases slightly with increasing (t_0) from 1,5 to 2,0-2,25 mms, then increases again in an irregular manner, till it reaches (by $t_0 = 3,0$ mms) a value slightly less than that for $t_0 = 1,5$ mms. Probably, this tendency found with the spherical dies C_1 and C_2 and the rectangular rounded die D_1 could only be due to the useful effect of the curved pressure faces of the dies in squeezing the metal more readily and producing higher metal displacement at the interface—thus breaking any remaining oxide skin more effectively—when (t_0) increases, thus giving higher values of (S_{op}/t_0), while for the other flat types of dies this condition is absent. Figure 26 shows the flow lines in a weld joint, of type D_2 , which has been broken outside the welded joint under tearing (the machine was stopped before complete separation occurred).

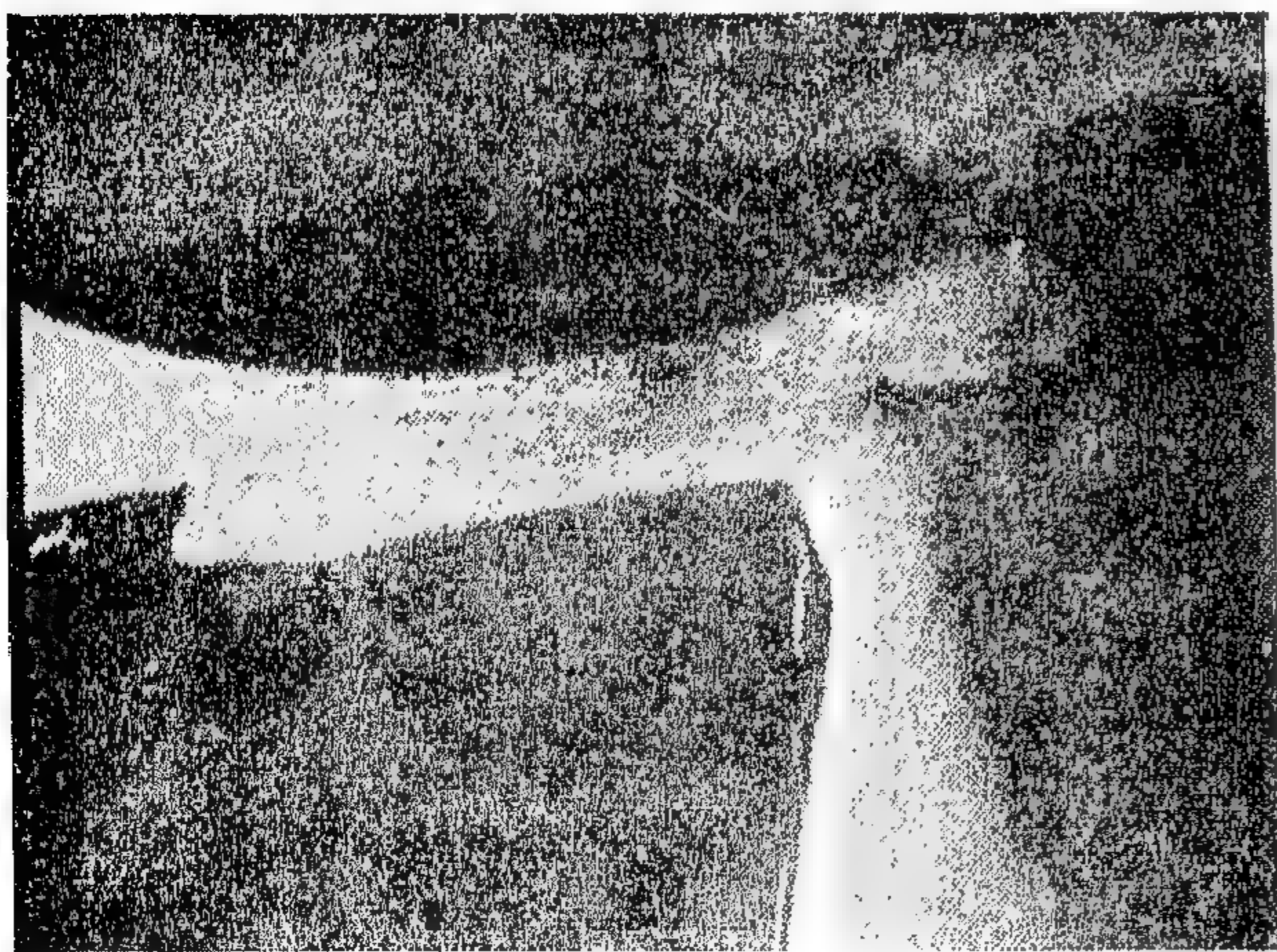


Fig. (26): Flow lines in a weld joint of type " D_2 " ($t_0 = 2.75$ mms., $\eta = 77.8\%$, $P/S = 12.23$, $P = 4200$ kg, $S = 343.5$ kg). The specimen failed under tearing outside the joint. (X 8, etched after Flick).

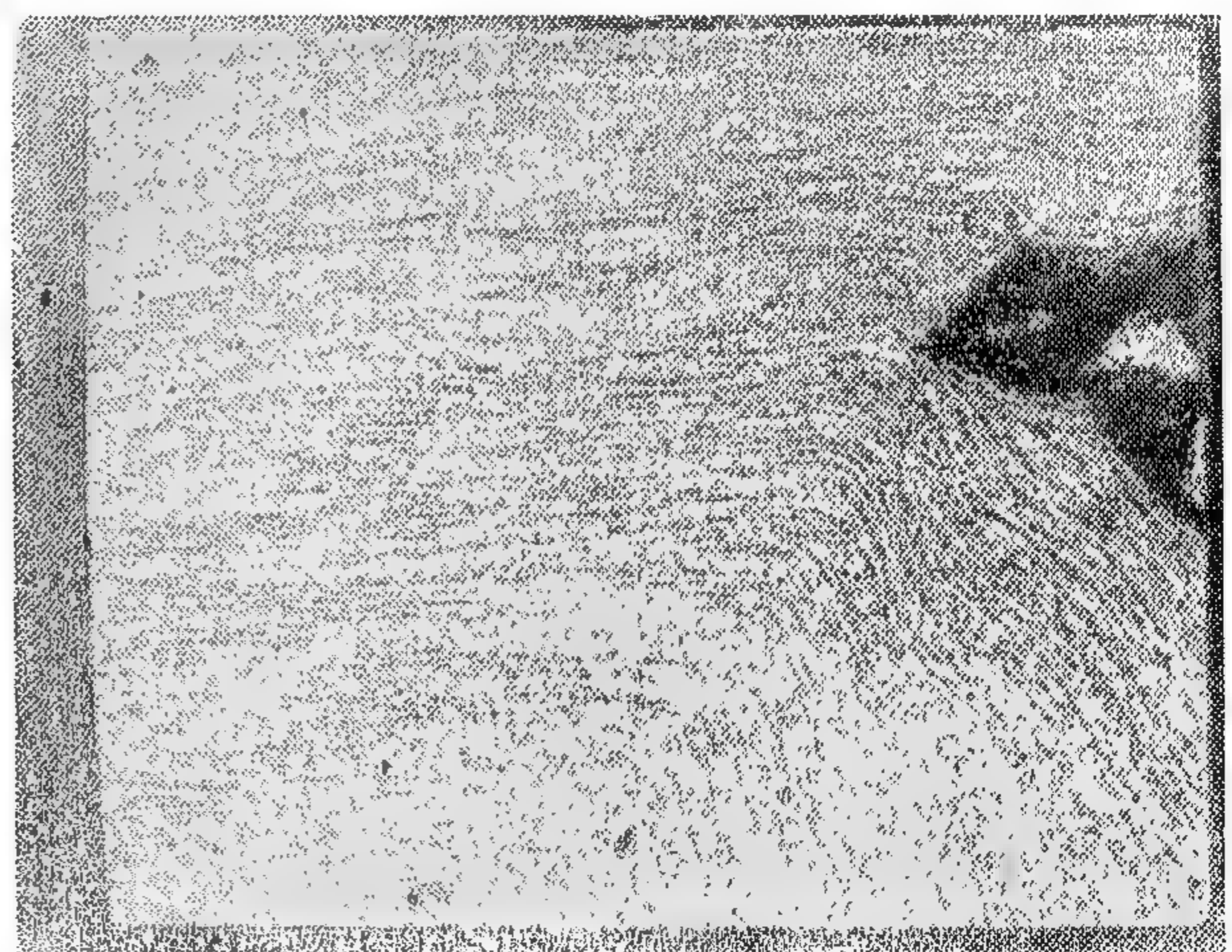


Fig. (27): Photomicrograph showing the severely deformed crystals at the interface for a weld joint of type " C_1 " ($t_0 = 1.5$ mms, $\eta = 77.2\%$, $P/S = 11.11$, $P = 1645$ Kg, $S = 148$ Kg).

The specimen was pressed flat after welding, and failed under tearing outside the weld joint.

(X 270, etched after Flick.)

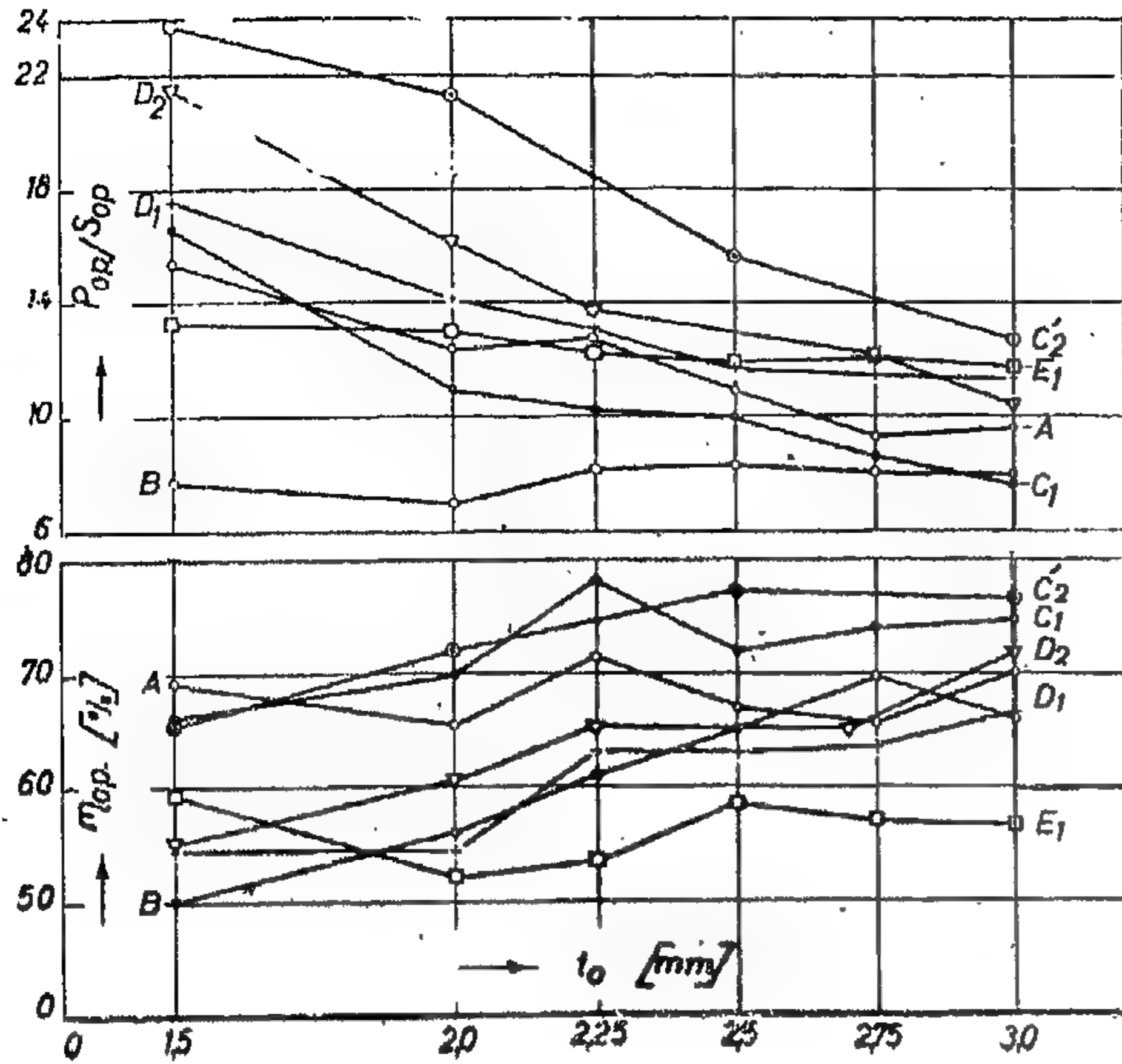


Fig. (22) (upper): Relationship between the optimum ratios P_{opt}/S_{opt} and the strip thickness t_0 , for all die types.

Fig. (23) (lower): Relationship between the optimum values η_{opt} % and the strip thickness t_0 , for all die types.

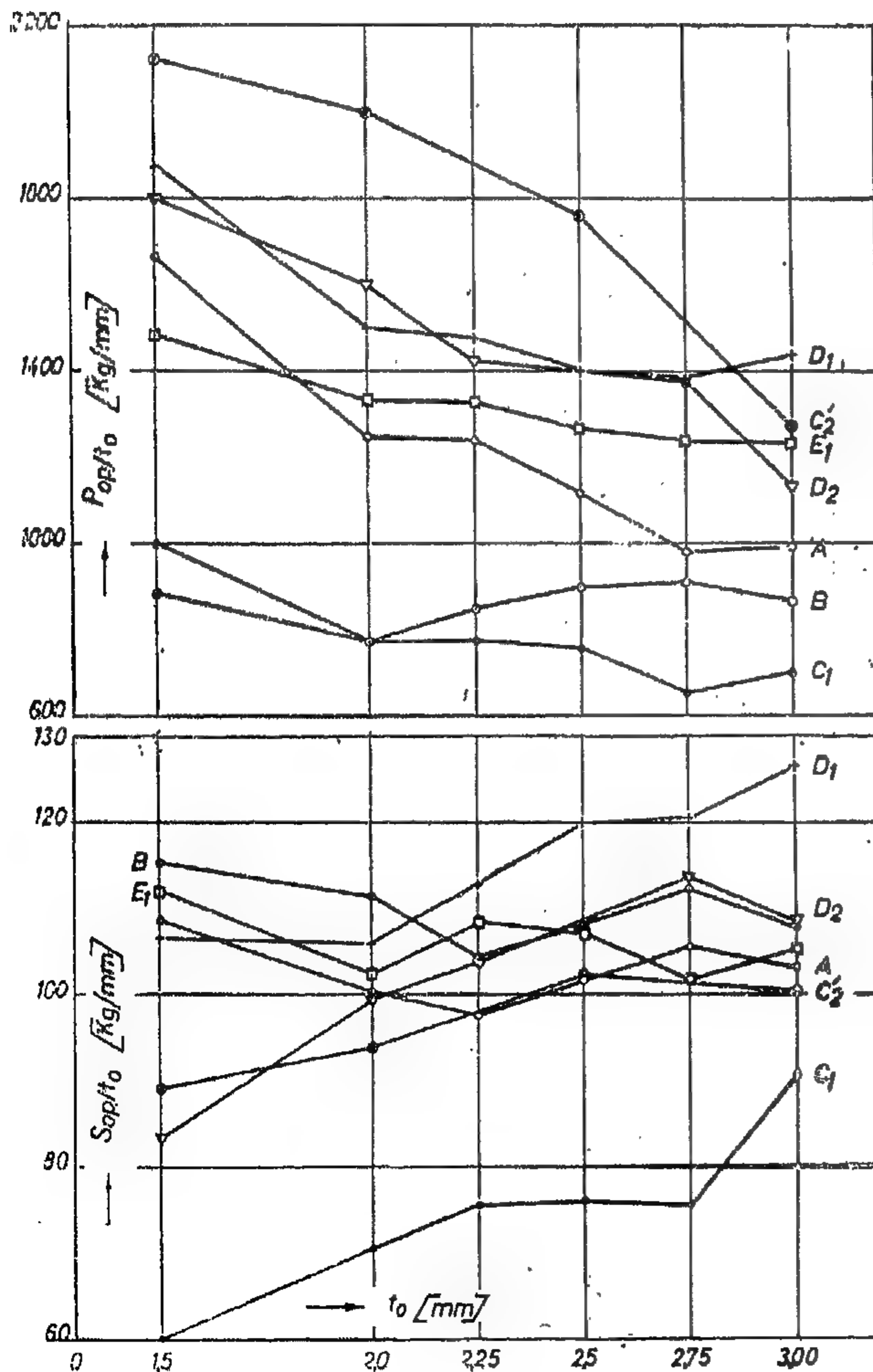


Fig. 24 (upper): Relationship between the related optimum values P_{opt}/t_0 and the strip thickness t_0 , for all die types.

Fig. 25 (lower): Relationship between the related optimum values S_{opt}/t_0 and the strip thickness t_0 , for all die types.

The same effect, results in different weld strengths, so that, no comparable results w.r.t. the applied specific welding pressures or the resulting specific tension-shear strengths for the different die types used, could be correlated in a precise way. For that reason, it was thought to find out a reliable and sure method of comparison between the different die types, which could be of practical significance, and which includes the various factors affecting the pressure welding process. This method will summarize the problem to a simple question: "How high is the welding pressure necessary to produce,

a unit tension-shear force?" The answer to this indicates directly the importance of the ratio (P/S) between the welding pressure "P" and the resulting tension-shear force "S" of the weld joint. Therefore this ratio has been calculated for each weld test, and the minimum values of P/S for each die type and each strip thickness are got, and used as a measure for the "efficiency of pressure application". These minimum values correspond to optimum conditions, i.e. optimum weld strength ($S_{op.}$) attained by applying the lowest possible welding pressure (optimum welding pressure $P_{op.}$), as shown in table (6).

TABLE 6 :

Ratios P/S for 2,25 mm-strips welded with die type "B"

Strip thick t_0 [mm]	Weld thick. t [mm]	Thick. reduction η [%]	Welding Press. P [kg]	Tension-shear force S [kg]	Ratio P/S	REMARKS
2,25	2,85	36,75	1390	1,00	1390	
2,24	2,59	42,25	1495	6,50	230	
2,23	2,47	44,70	1560	32,00	48,75	
2,25	2,55	43,50	1600	47,50	33,70	
2,22	2,31	48,00	1655	85,00	19,47	
2,25	2,26	49,75	1700	190,00	8,95	
2,25	1,85	58,85	1890	231,50	8,16	<i>optimum condition</i>
2,22	1,66	62,50	1900	230,50	8,24	} failure by tearing outside the weld joint.
2,23	1,68	62,20	2000	240,50	8,32	

The resulting optimum ratios ($P_{op.}/S_{op.}$) for the different die types as well as the corresponding optimum deformation degrees ($\eta_{op.}$), are plotted against the strip thickness (t_0) in figures (22 and 23). From the figures, it is clear that best results are attained with die type "B", giving lowest ratios of $P_{op.}/S_{op.}$ of about 8,0 for nearly all thicknesses used (for $t_0 = 2,0$ mm, the ratio $P_{op.}/S_{op.} = 6,8$).

The next efficient die type is "C₁", followed by the other die types in the following sequence: A-E₁-D₁-D₂-C₂'.

Optimum deformation degrees ($\eta_{op.}$) lie in general between 50 and 70 % for all die types, except for types C₁ and C₂' (between 65 and 78 %) for the reason mentioned before. In general the optimum ratio ($P_{op.}/S_{op.}$) tends to decrease, and ($\eta_{op.}$) tends to increase, with increasing (t_0).

the area subject to deformation is less and the welding pressure is accordingly smaller, resulting in also a weld joint of smaller area and accordingly giving a smaller tension-shear force.

For die types A and B having flat faces of equal areas and nearly equal values of Θ (Θ is slightly smaller for A than for B), the values of P also differs in the same sense, but this difference is greater for smaller strip thickness $t_0 = 1,5$ mm, and gradually decreases with the increase in t_0 . This again gives some indication about the size effect of the die face w.r.t. the metal thickness, as the metal flows outwards, much easier under the deforming pressure when the metal thickness increases for a constant die face area. This ease of flow is more pronounced for the ring-type die "B" than the circular-type die "A", because with the former type the metal is allowed to flow in two opposite radial directions; inwards in the die hole and outwards away from the joint centre.

For die type "C₂", the result is completely different, the corresponding straight lines are markedly steeper than those for other die types. The reason for this was found to lie in some difference in the properties of the material used for this die type (table 5). Weld tests made on the material used for the other die types (some remaining metal of thick. 2,0 mm was available), gave, with this die type "C₂", a straight line of nearly equal inclination as for the rest die types (figure 19, points with special marks). Also the welding pressures, necessary to produce optimum results, as used with this die type for all strip thicknesses, were higher than the corresponding pressures for all other die types. In fact, the corresponding straight lines for die type C₂, as given in figures (18-21) should therefore lie highest; this is true if same lines are shifted horizontally to the left, down to the mean (real) values of " η " which are approximately equal to only half the maximum values as calculated at the centre of the spherical indentation.

TABLE 5 :

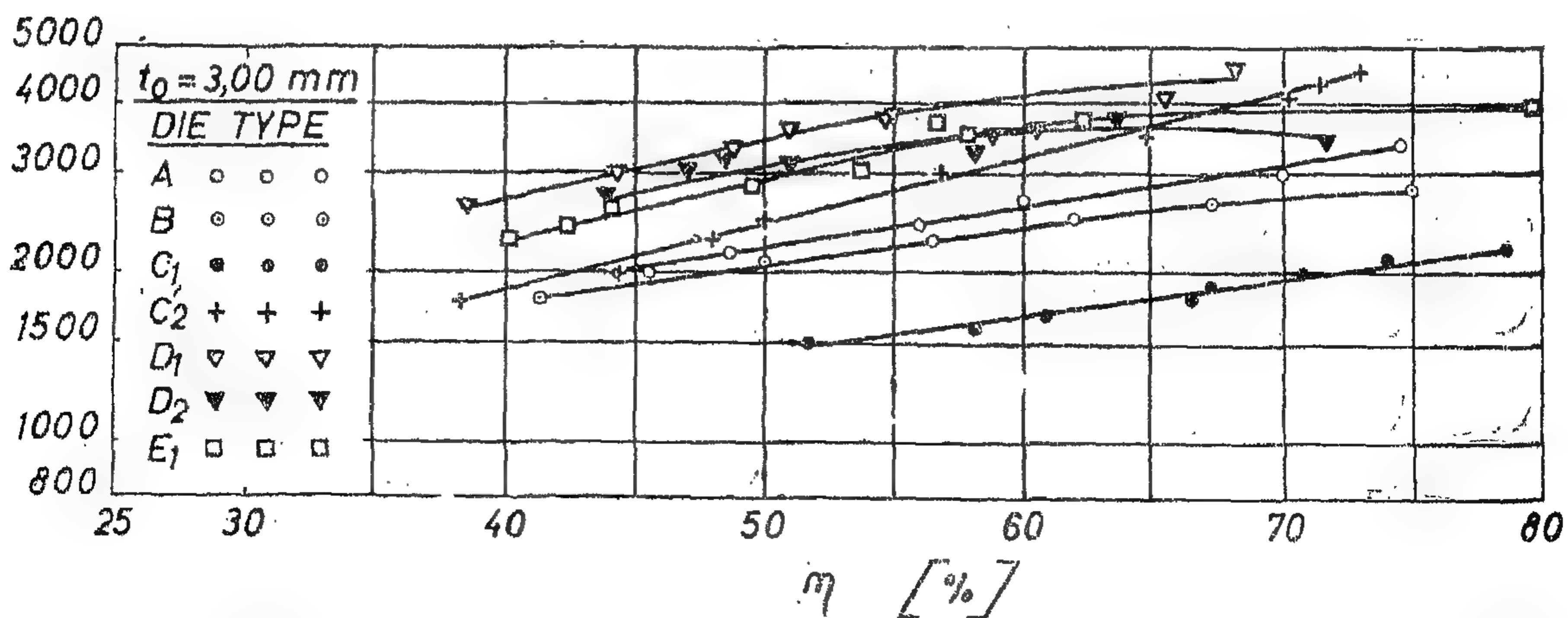
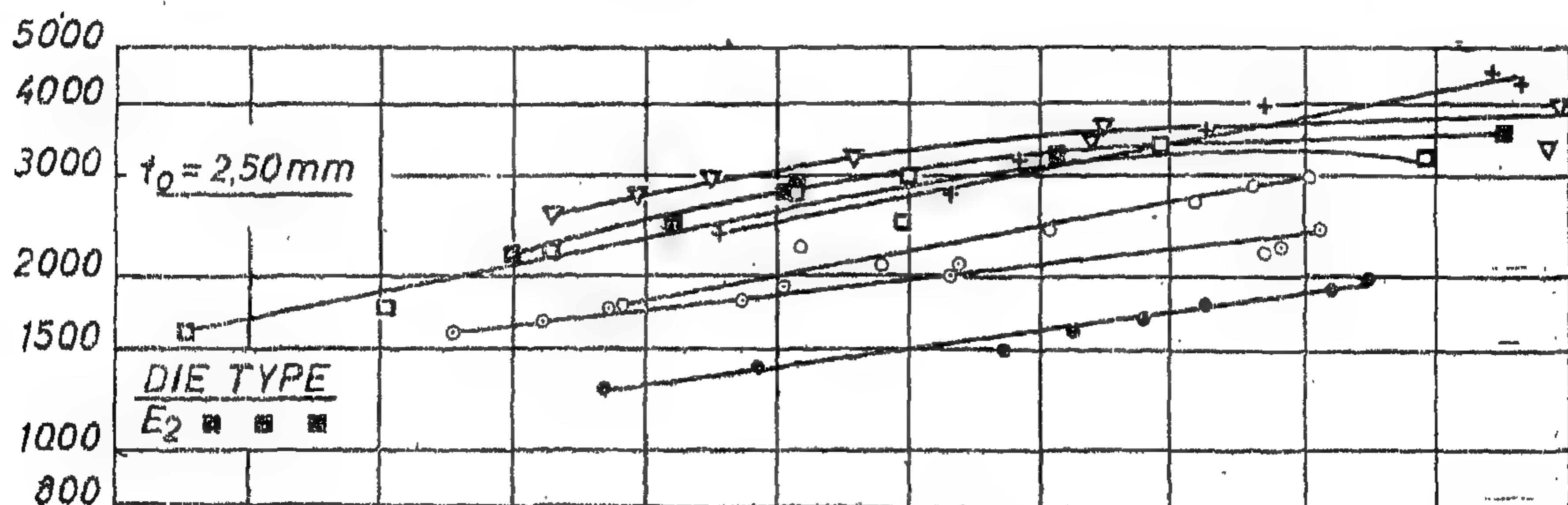
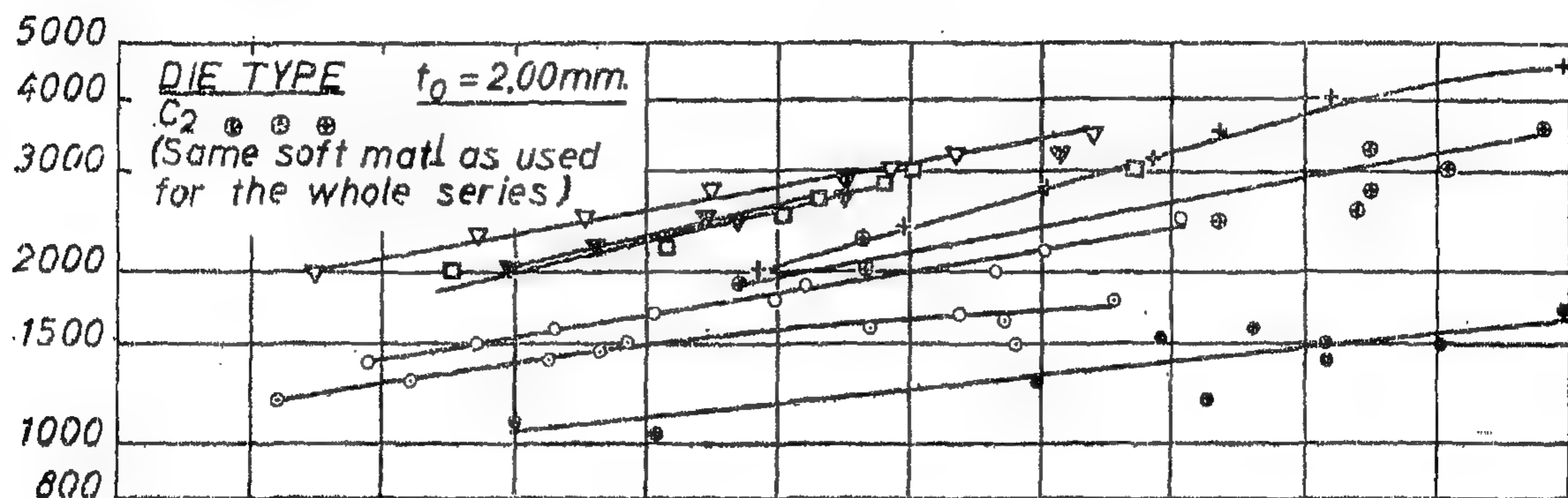
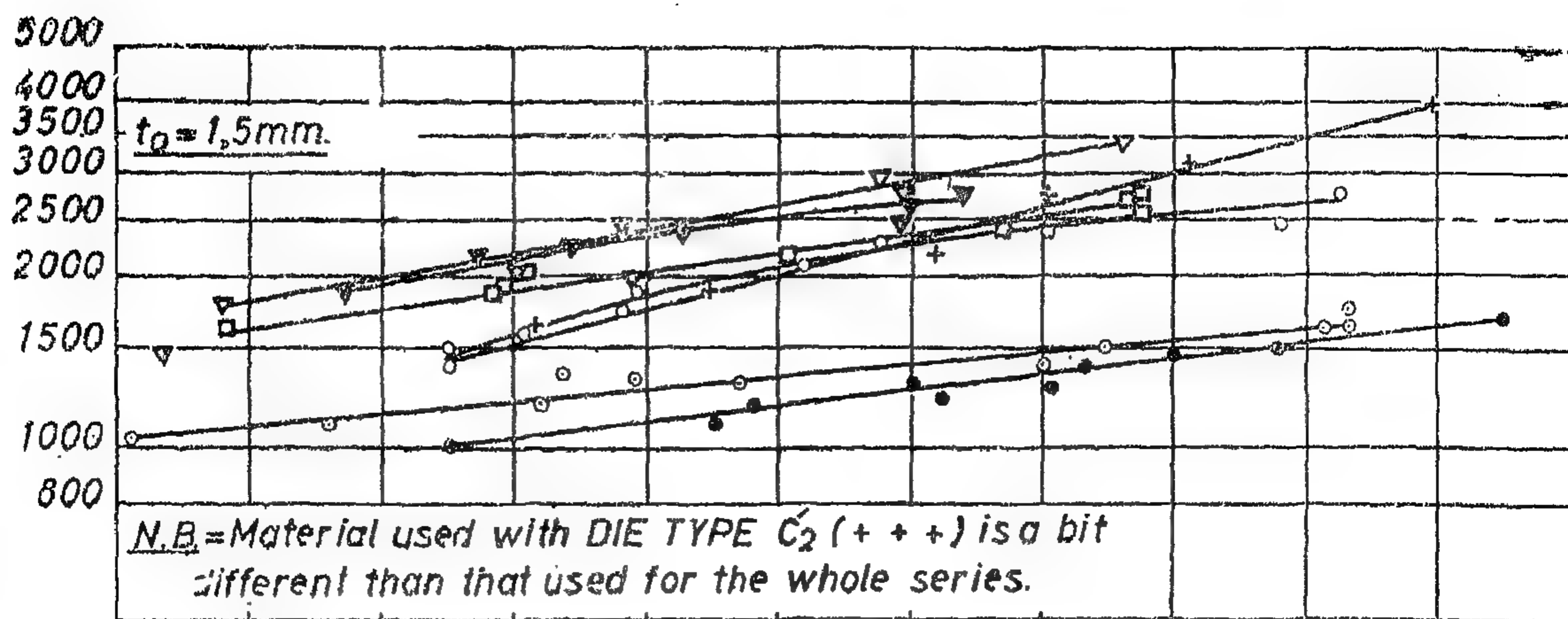
Mechanical properties of the material used for welding with die type "C₂"

Strip thickness " t_0 " [mm]	1,50	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Ult. tensile strength [kg/mm ²]	7,53	7,77	7,85	7,92	8,13	7,95
Yield strength at 0,2 % [kg/mm ²]	3,42	3,54	3,50	3,65	3,30	3,35
Elongation on 50 mms [%]	30,5	33,5	45,5	32,5	45,5	42,5
Brinell hardness [Nr.]	24,9	25,5	25,5	25,5	25,2	25,0

With die types "D and E", the pressures are higher for the rounded edged die "D" than the sharp edged one "E", due to the effect of the rounding on increasing the area under pressure, specially with the increase in " η ". Also for type "D₁", the pressure is higher than with "D₂", because the metal flows easier when the rectangular face of the die lies with its axis parallel to the rolling direction (i.e. perpendicular to the specimen axis, in our case, "D₂").

4.3 Efficiency of Pressure Application :

After discussing the previous relationships, it is clear that the different die shapes—although an effort has been made to use die sizes producing approximately equal deformation areas—affect the interface contact areas, respectively the weld areas, in a different manner due to different possibilities given to the metal to flow under the applied pressure.



Figs. 18-21: Relationship between the Welding Pressure "P" and the Weld Deformation Degree "η", for the different die types, and using different strip thicknesses:

$t_0 = 1,5 \text{ mm.}$ (fig. 18), $t_0 = 2,0 \text{ mm.}$ (fig. 19),
 $t_0 = 2,5 \text{ mm.}$ (fig. 20), $t_0 = 3,0 \text{ mm.}$ (fig. 21).

In other words, with increasing die face area relative to the strip thickness, or decreasing the strip thickness relative to the die face area, the curve representing (S) against (η) tends to become flatter and the weld begins at a smaller value of (η). The same result is to be noticed for the limit tension-shear force by almost all die types. This limit strength is attained at a lower value of (η) for smaller thicknesses than for bigger ones. In general, the limit values of (S) are got at a value of (η) ranging between 55 and 70 % for all die types except "C₁" and "C₂" for which the range lies between 70 and 80 %, because the values of (η) for those types represent the maximum and not the mean values.

The tension-shear strength values for die type "D" are higher and the corresponding curves flatter for "D₁", by which the rectangular face of the die is parallel to the specimen, axis, than for "D₂" where the rectangle is perpendicular to the specimen axis (figures 14-17). For the first case the die face presses the metal normal to the rolling direction (R.D. lies normal to the specimen axis) which results in less deflection of the specimen ends under the welding pressure, while for the second case, the deflection of the ends is considerable, also the necessary deformation amount for the weld beginn is higher, resulting in lower tension-shear forces for equal values of (η). The same result is to be expected with die type "E" with sharp edged rectangular face, which has been proved for one strip thickness of the series, viz. $t_0 = 2.50$ mm, figure (16), where "E₁" showed also higher S-values than "E₂".

At the range of optimum values of "S" (upper flatter part of the curves), it is a common rule for all die types to get an increase in "S" when increasing the thickness " t_0 ". This is due to the fact that, for constant die face area, an increase in the strip thickness produces a corresponding increase in the contact area at the interface, accompanied naturally by an increase in the welding pres-

sure "P". Therefore the weld area under the effect of the deforming pressure also increases resulting in higher S-values.

4.2 Relationship between the Welding Pressure and the Weld Deformation Degree :

The deformation degree " η " (% reduction in thickness) naturally increases with the increase of the welding pressure "P". It has been found for almost all die types and strip thicknesses, that " η " is directly proportional to "log P". The approximate straight lines giving this relation for the different die types and four different strip thickness are shown in figures (18-21). This result has been found also by the author for pressure butt welds carried on aluminium at welding temperatures below the recrystallisation range [1]. The lines, when extrapolated towards 0 % deformation, should necessarily meet the P-axis at a pressure "P₀" equivalent to the necessary yield strength of the material.

$$\text{i.e. } \log P = \log P_0 + c \eta$$

$$\text{or } P = P_0 \cdot e^{c \eta}$$

where: (c) is a constant factor depending mostly on the material properties and to a less extent on the die type and (P₀) is the equivalent pressure necessary to cause yielding to the material in question and is greatly dependent on the die type and size as well as on the material thickness.

It could be seen from figures (18-21) that for any strip thickness—the least pressures are got with die type "C₁", followed by the die types B, A, C₂, E, D₂ and at last D₁. In fact this difference in the welding pressures necessary to produce a certain deformation degree (η) is greatly dependent on the die type and the area subject to deformation. Although the projected face areas for the different die types (except die type C₂) are nearly equal, yet the taper at the die head is somewhat different (fig. 1). For larger values of " θ " (as the case with die type C₁),

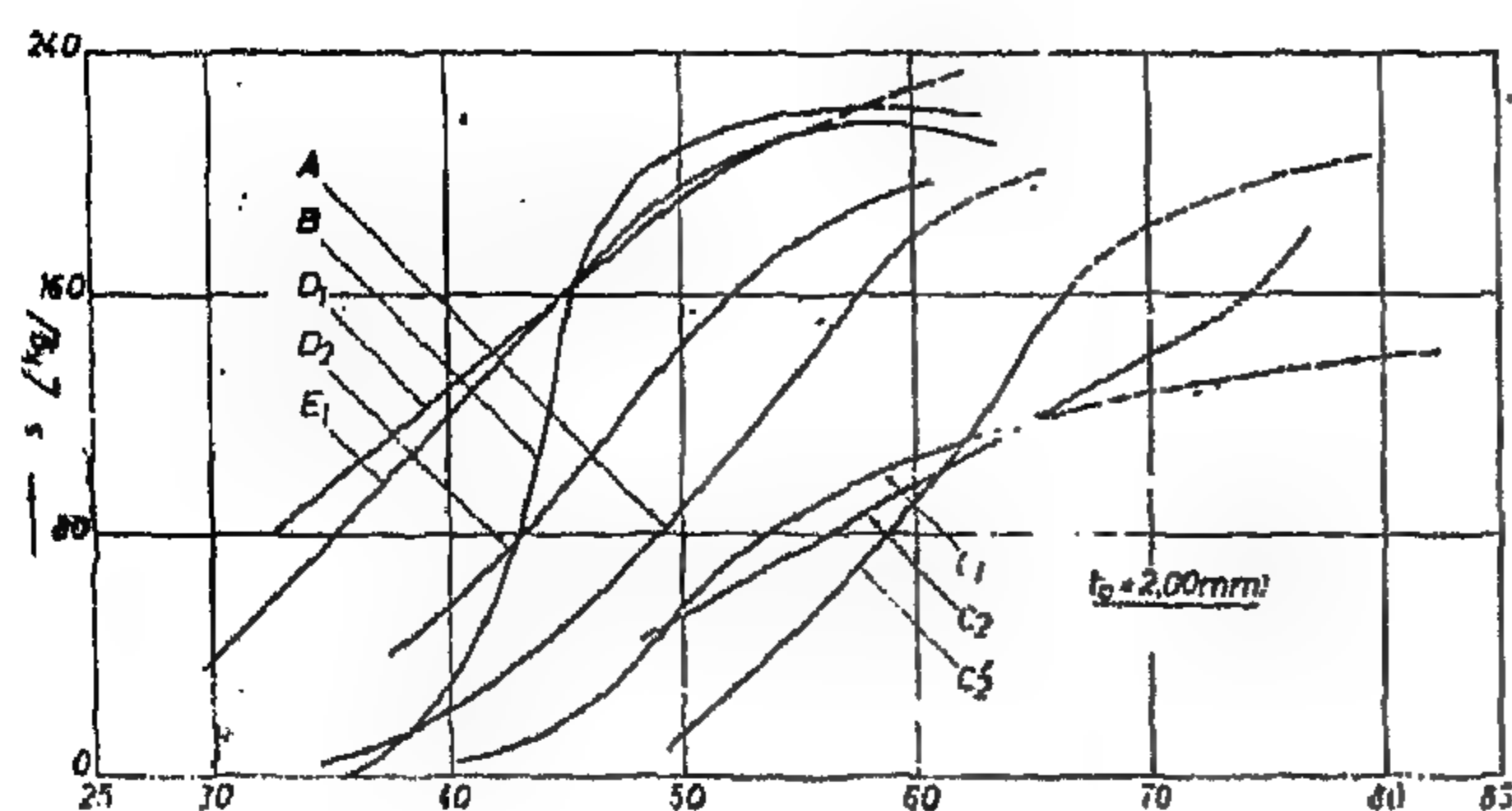


Fig. (15): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for a strip thickness $t_0 = 2.0$ mm.).

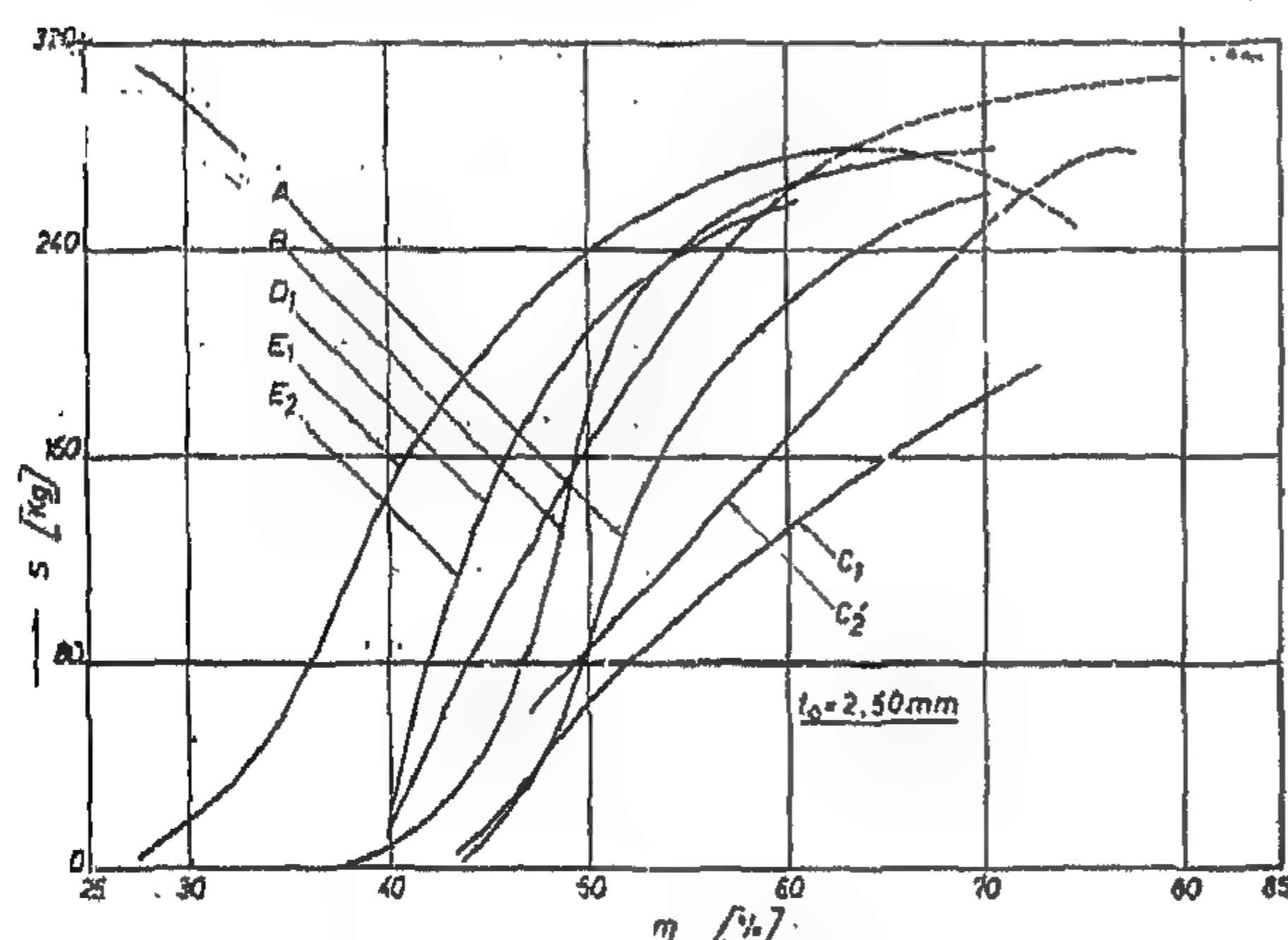


Fig. (16): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for a strip thickness $t_0 = 2.5$ mm.).

being very close to this surface; while for heavier thicknesses, this deforming pressure has to press at first on the surface layers of the metal, transmitting its effect gradually on

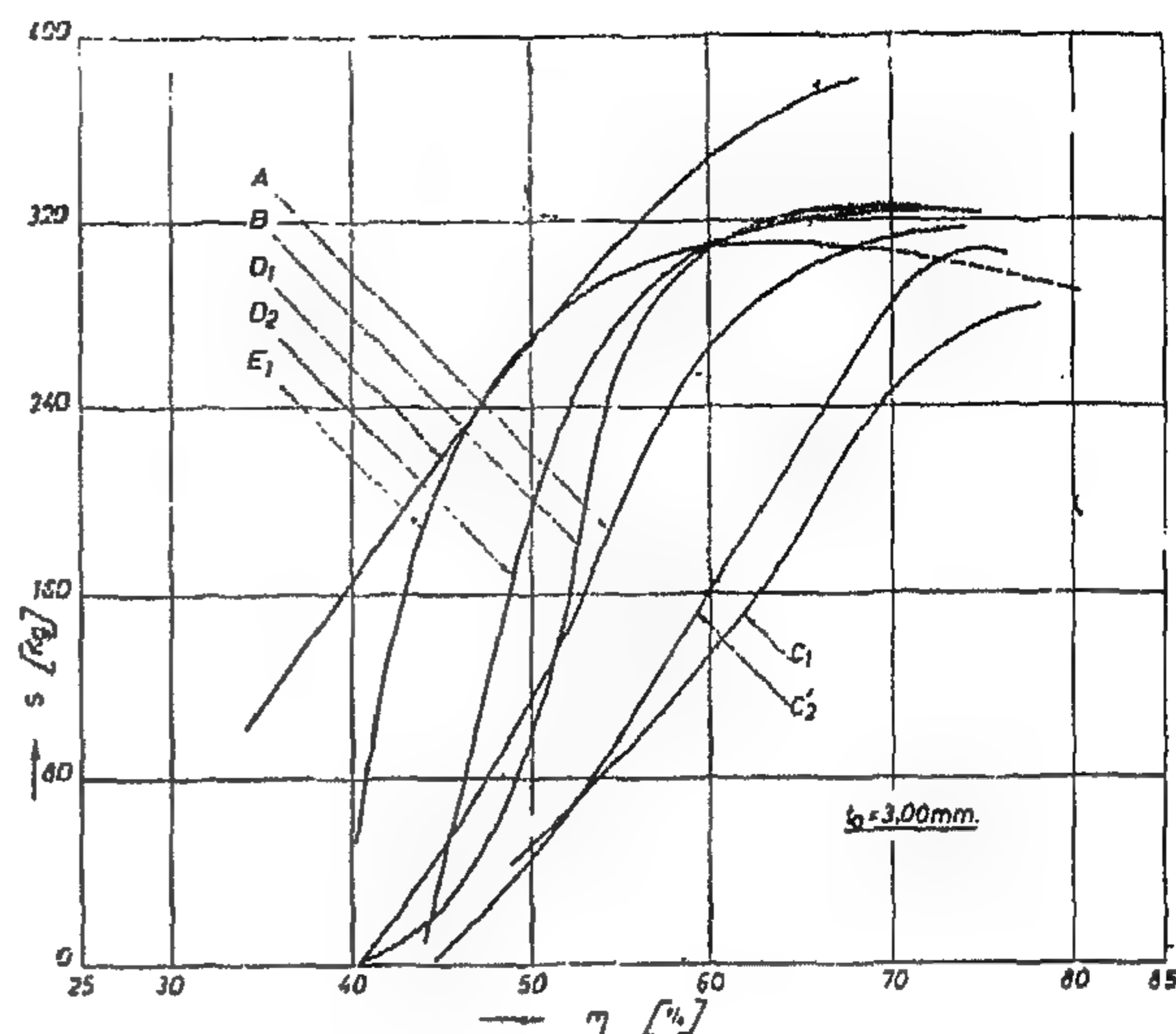


Fig. (17): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for a strip thickness $t_0 = 3.00$ mm.).

the underlying layers till it reaches the interface where the pressure is distributed over a larger area (contact area in figure 6). Therefore until the necessary deformation for welding takes place at the interface layers, the die will have to go deeper in the metal thickness when the latter is thicker, for the same die size. In that respect, it is to be expected that higher pressing speeds will also try to concentrate the deformation on the surface layers, and induce less deformation at the joint interface, thus resulting in weaker welds. This has been proved from the following tests carried out at two different pressing speeds (table 4):

TABLE 4:
Effect of pressing speed on the resulting weld strength and deformation degree.

Die Type	t_0 [mm]	P [kg]	η [%]	S [kg]	Pressing speed [mm/min.]
A	1,5	1520	47	20	15
A	1,5	1520	37	27	6
D ₁	2,0	2400	38	99	15
D ₁	2,0	2290	32	118	6
E ₁	3,0	3900	80	289	15
E ₁	3,0	3700	56	316	6

increase in strip thickness. For the die types (C_1 and C_2), the curves in general are considerably flatter due to the measured maximum values of (γ) being taken at the centre of the

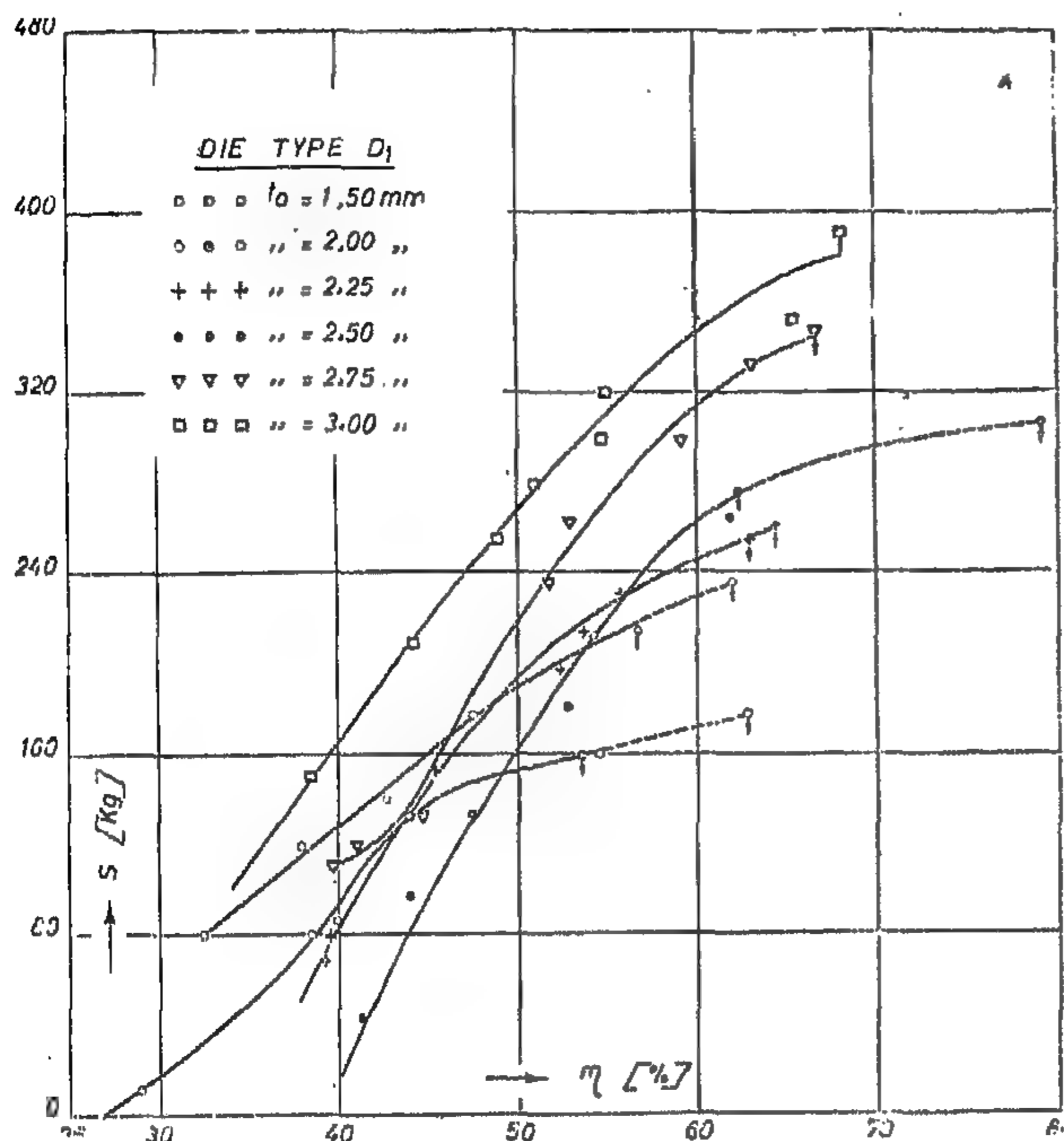


Fig. (11): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type D_1).

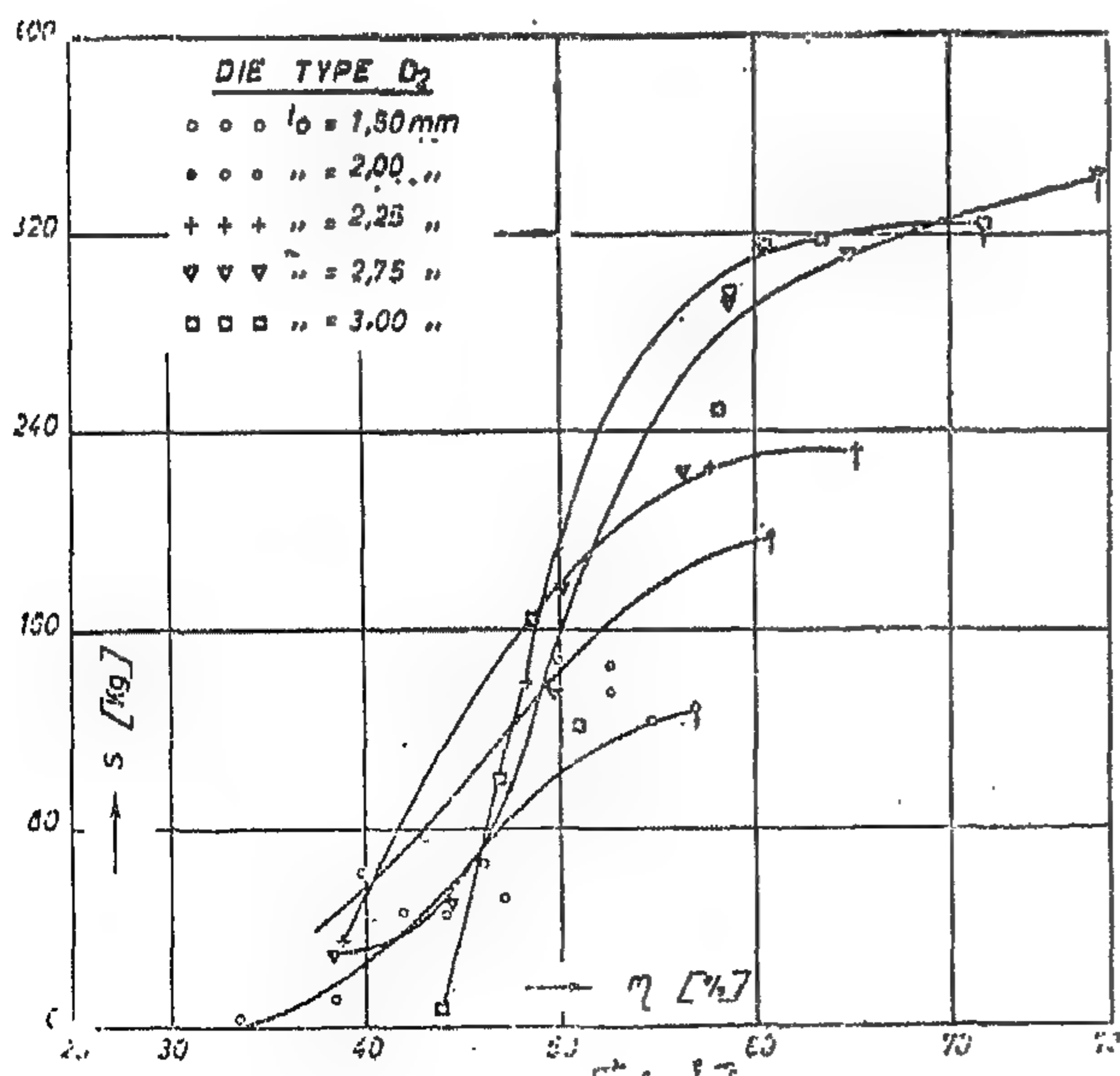


Fig. (12): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type D_2).

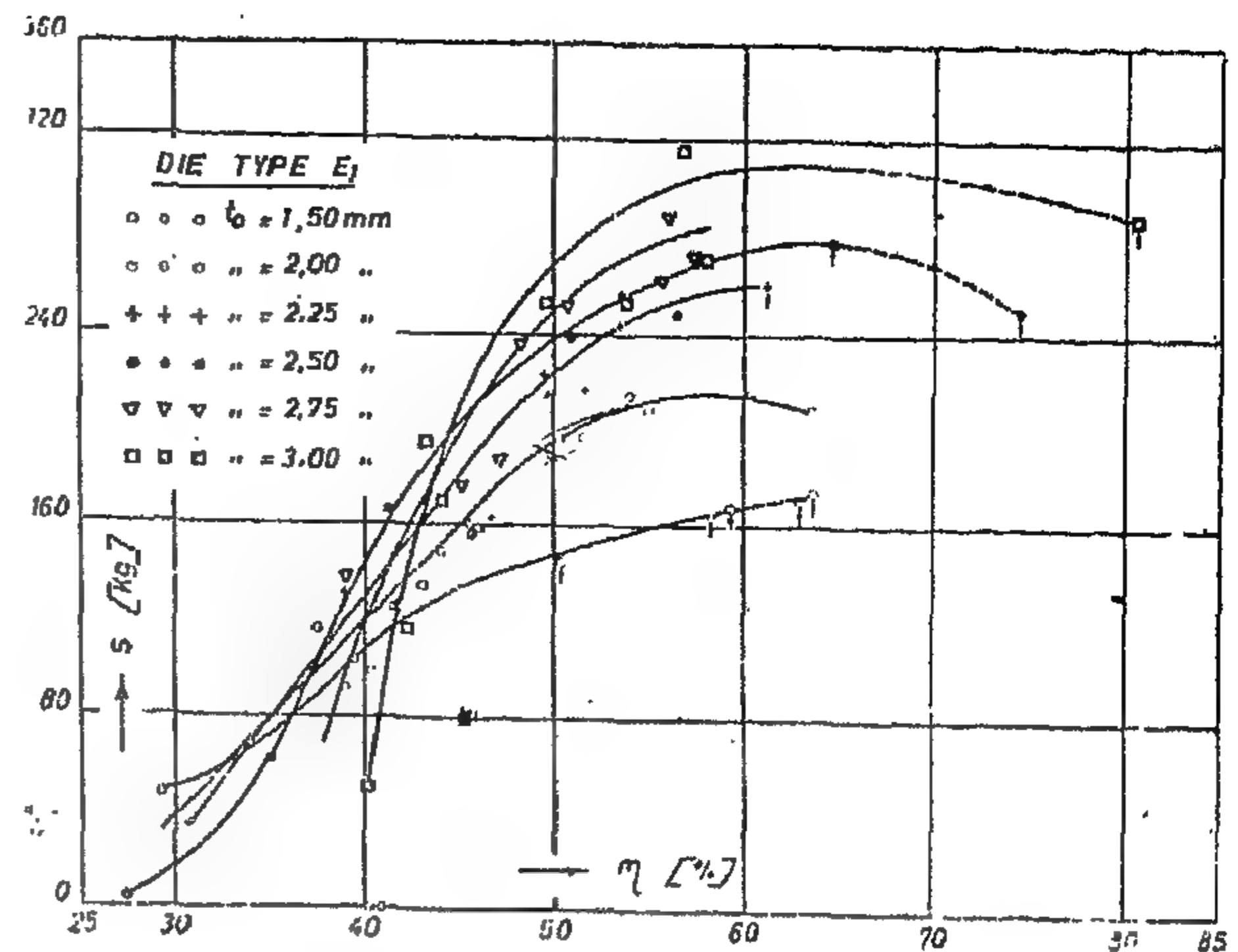


Fig. (13): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type E_1).

spherical indentation, and not the mean values of deformation, as stated before; the same effect—but to a less extent—is to be noticed by the die type “D” due to its rounded edges, the flattening of the curve being more pronounced for “ D_1 ”, with lower values of (γ) than for “ D_2 ”. This is obviously clear from the grouped curves of the different die types with four different thicknesses (t_0) of: 1.5 — 2.0 — 2.5 and 3.0 mms, given in figures (14-17).

An explanation of the slope difference for the abovementioned curves by various strip thickness, is to be found in the following:

For $t_0 = 1.5$ mm, the deforming effect of the die is transmitted quicker from the surface under pressure to the weld interface,

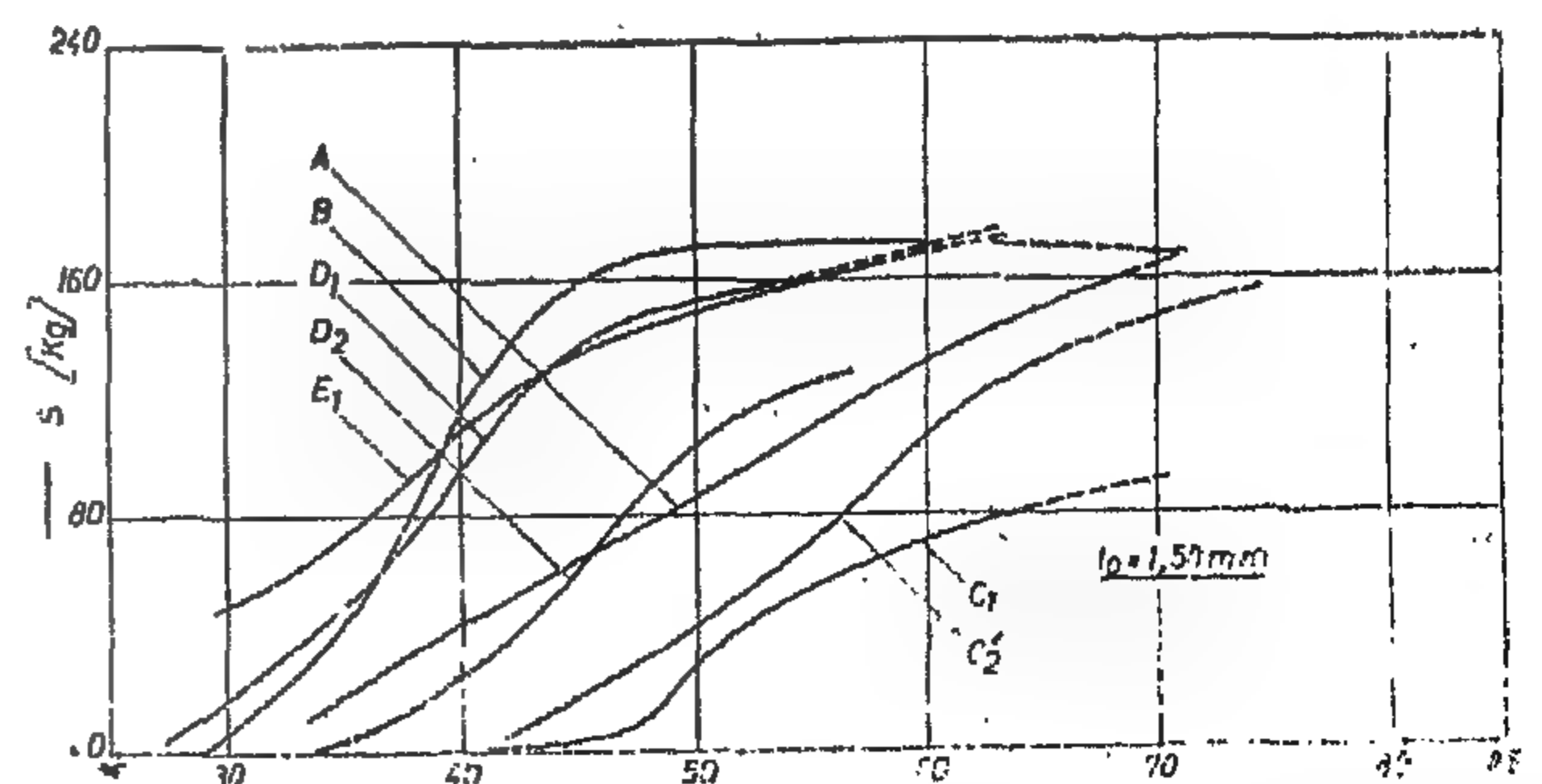


Fig. (14): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for a strip thickness $t_0 = 1.5$ mm.).

The curves representing the tension-shear force (S) against the deformation degree (η), figures (7-13) have in general, the same characteristic, with some difference for the different die types. The metal begins to weld, or stick (weld begin) at a certain degree of deformation, after which, the weld strength increases gradually at first slowly, then rapidly, with the increase in (η), till it arrives at a certain limit value (indicated by the first point marked with an arrow in the curves). Beyond this limit value, the weld strength either still increases with the increase of (η) — resulting from increasing the welding pressure (P) — for most of the die types; or remains nearly constant as with die type "B", or slightly decreases as the case with die type "E₁" (dashed part of the curves). These dashed lines represent weld strengths due to failure by tearing the material at the weakened, but less strain-hardened, zone located at the circumference of the strongly welded joint. This type of failure is not indicative for the tension-shear force of the welded joint, as it is affected by other factors specially the die shape characteristics, as mentioned before. Therefore, for purpose of comparison, the limit tension-shear force (σ respectively limit weld strength) has to be considered when correlating the results.

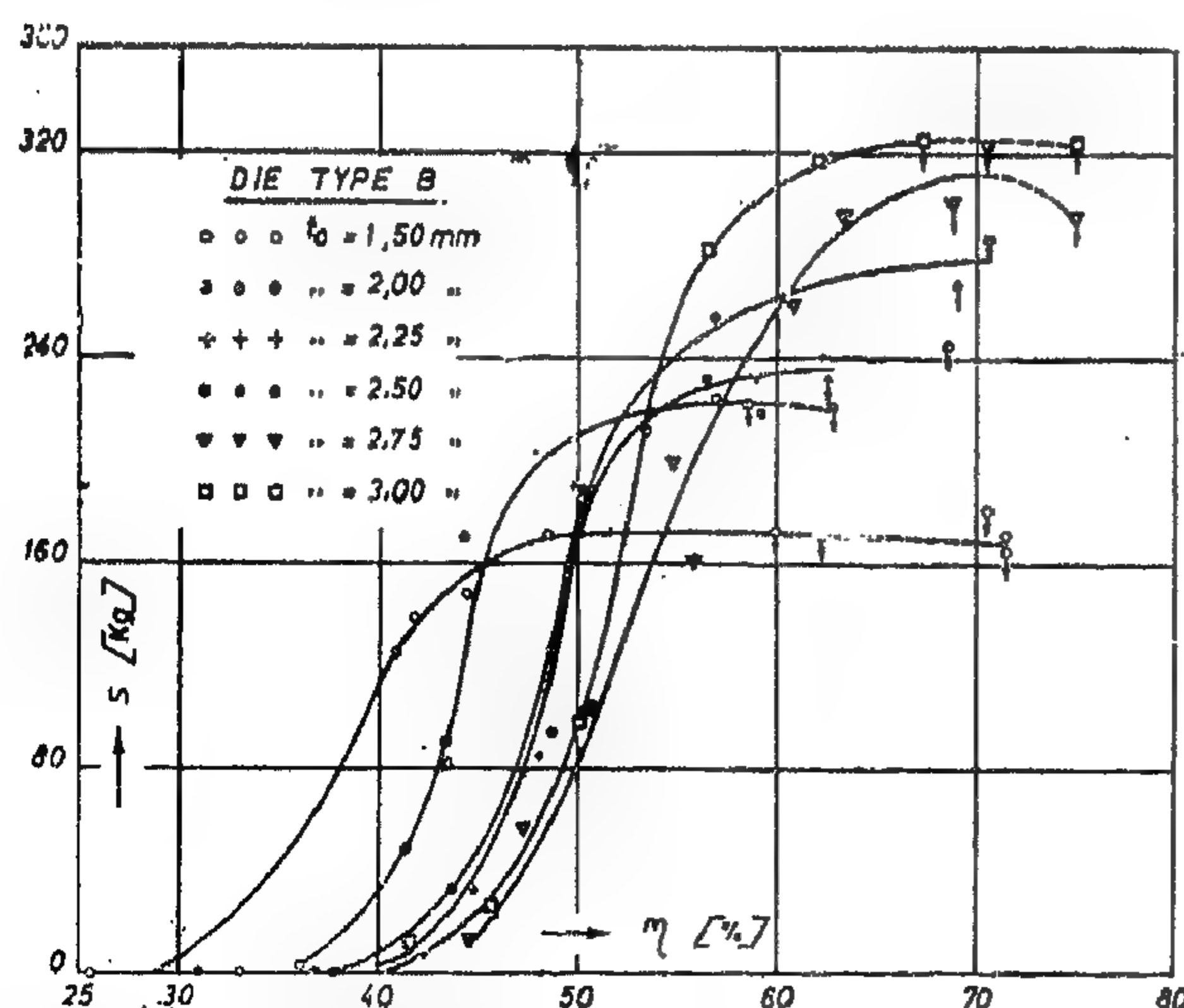


Fig. (8): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type B).

The weld begin—for most of the die types, specially die type "B" and to a reasonable extent for die types "D₂" and "E₁"—takes place at a small deformation degree which gradually increases by the increase of the strip thickness " t_0 ", e.g. with die type "B", it takes place at about 28 % η with $t_0 = 1,50$ mm while for 3,00 mm thickness, the value of η is about 42 %. Also the slope of the rising part of the curves is flatter with small thickness and tends to become steeper with the

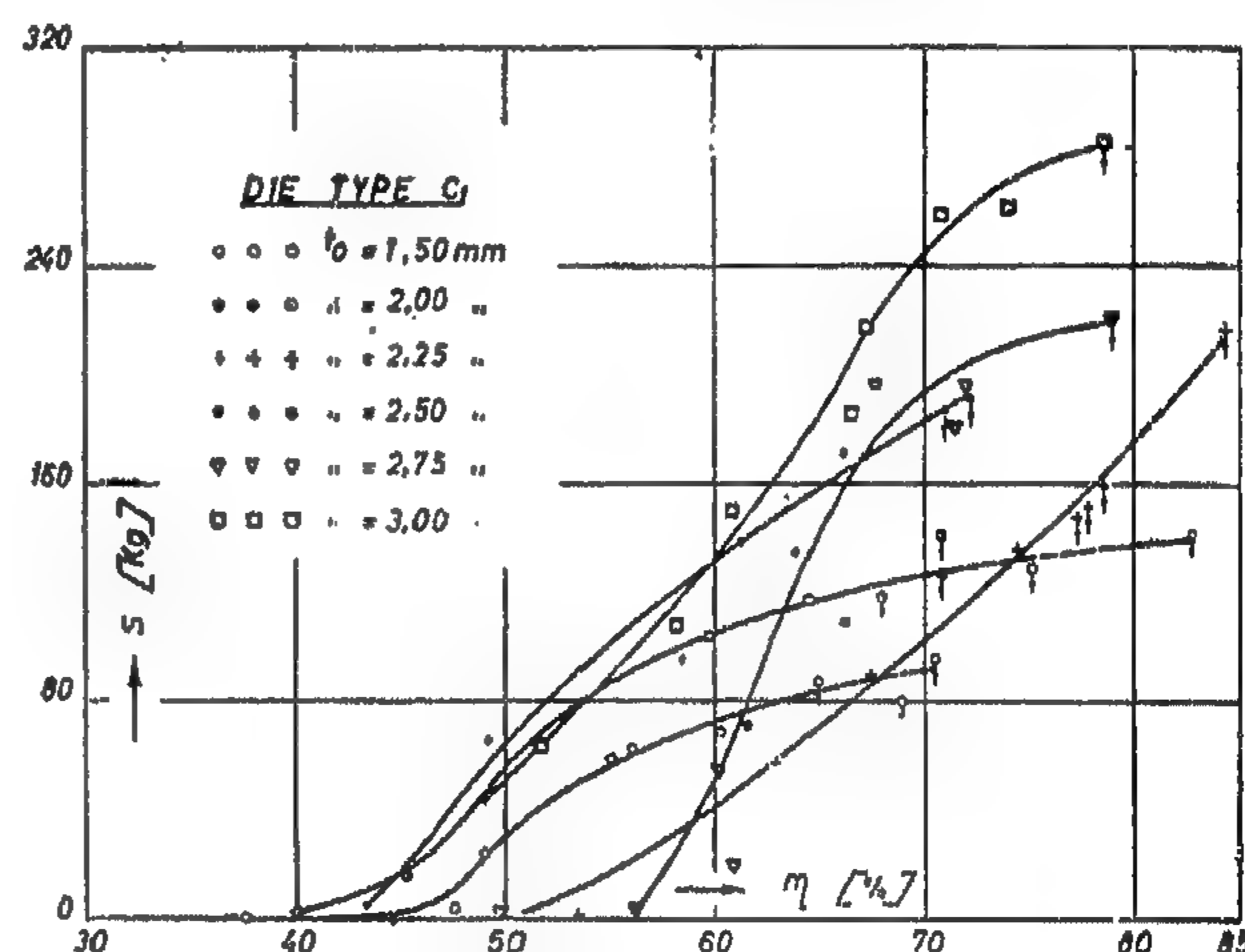


Fig. (9): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type C₁).

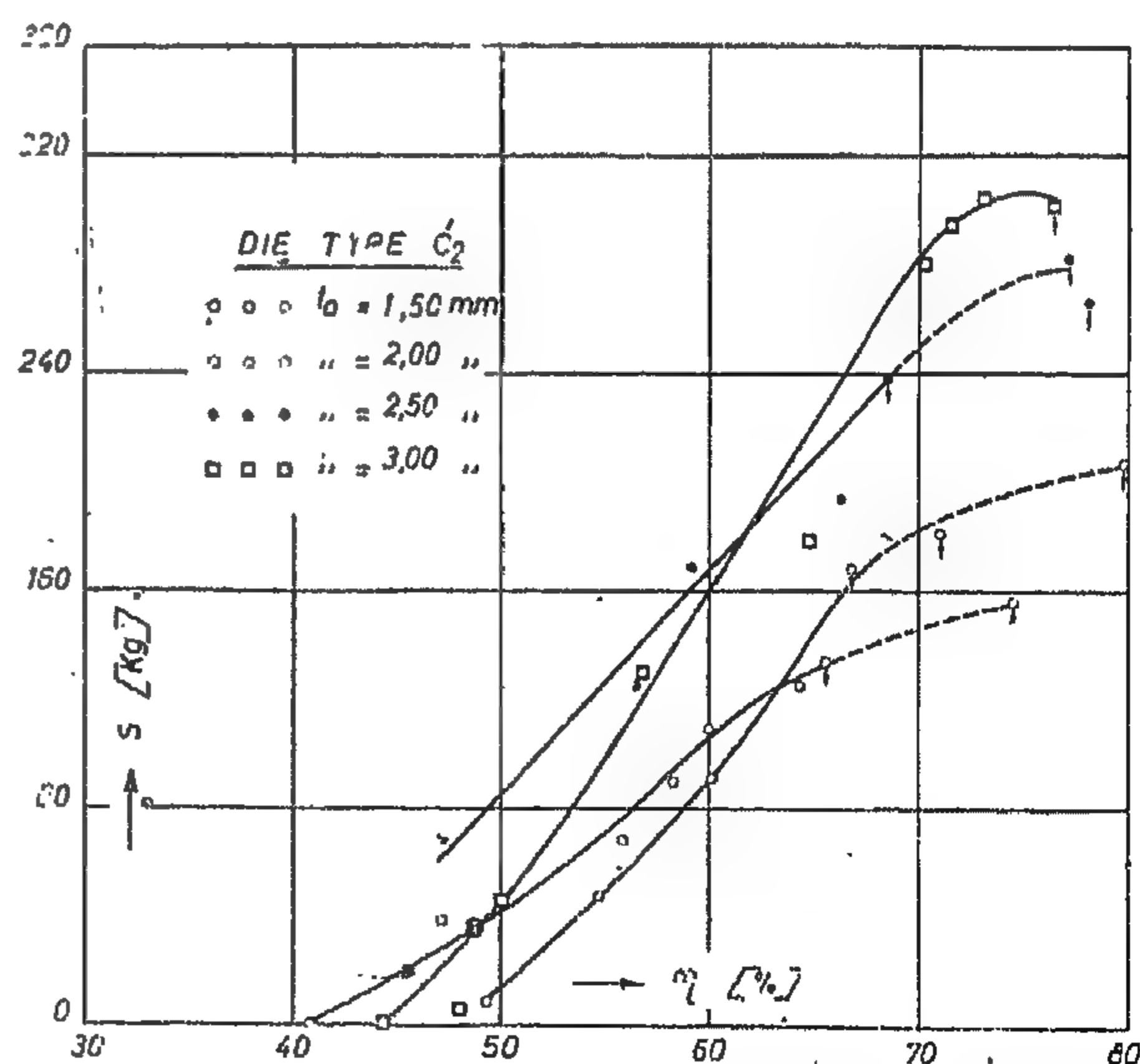


Fig. (10): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type C₂).

4. RESULTS.

The test results for the different die types and the various strip thicknesses are plotted on a series of curves from which the effect of the different factors controlling the weld strength could be evaluated. For the preliminary tests, the experimental points, were scattered considerably because of the unavoidable need to attain a certain degree of reproducibility in the manual performance of the wire-brushing technique. After some experimentation, reliable results have been reached, which were reasonably reproduced under similar conditions, within allowable limits ($\pm 5\%$), so that each experimental point on the curves represents the mean result of at least two weld tests. The experiments comprised about 700 weld tests.

4.1 Relationship between the Weld Deformation Degree and the Tension-shear Force:

The weld deformation degree is represented by the percentage decrease in thickness (η) of the material lying under the die faces:

$$\eta = \frac{2 \cdot t_0 - t}{2 \cdot t_0} 100 \%$$

where t_0 = original thickness of the strip part (measured in each case with an accuracy of $\pm 0,005$ mm, and found to deviate within a tolerance of $+ 0,03$ mm & $- 0,05$ mm from the nominal thickness).

t = final minimum thickness of the welded joint. For the dies with flat faces (types A, B and E), the thickness " t " is uniform and, for this case " η " represents the real degree of deformation, while for the die types (C_1 , C_2 and D) the thickness " t " is measured at the central thinnest zone of the joint, so that " η -values" for these types were considerably higher, specially for die type " C_2 " due to its characteristic spherical head of 2 mms depth, thus producing a pure spherical indentation with almost all strip thicknesses and deformation degrees extending up to their optimum values. For die type C_1 , its spherical head of

8,0 mms diameter and about 0,6 mm depth ending with a cone angle of 80° , produces a smaller size conical indentation ended at the bottom with the spherical part. This die type showed also—for that reason—the least values of welding pressures, as will be shown later.

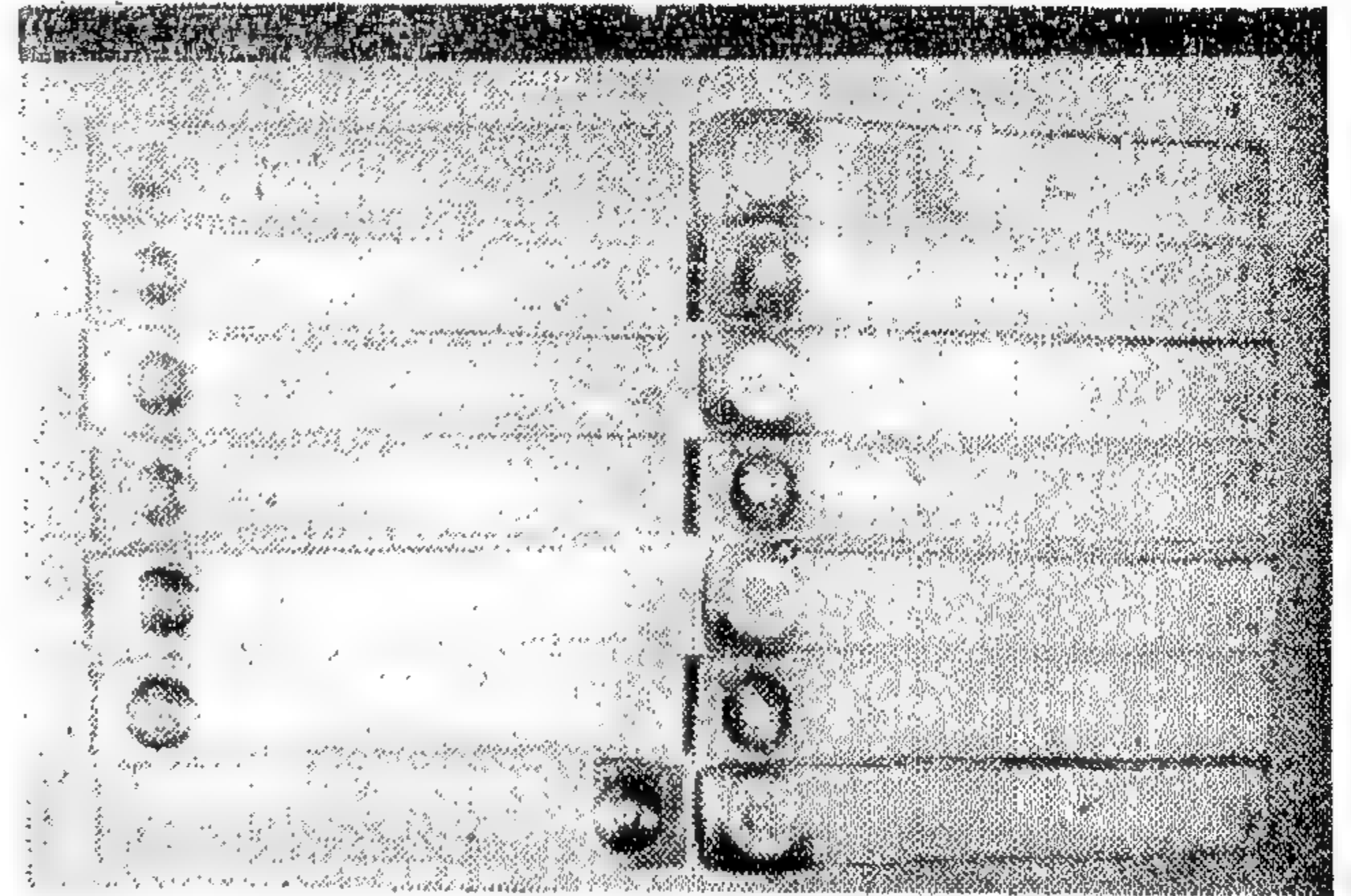


Fig. (6 B): Specimens welded with die type " C_2 " at increasing deformation degrees, then tested under tension-shear. The left row is arranged downwards with increasing deformation degrees, the lowest specimen pair (right & left) failed under tearing in a small circle at the centre of the weld joint (limit weld strength). The right row is arranged upwards with still increasing deformation degrees, showing the increase in contact area.

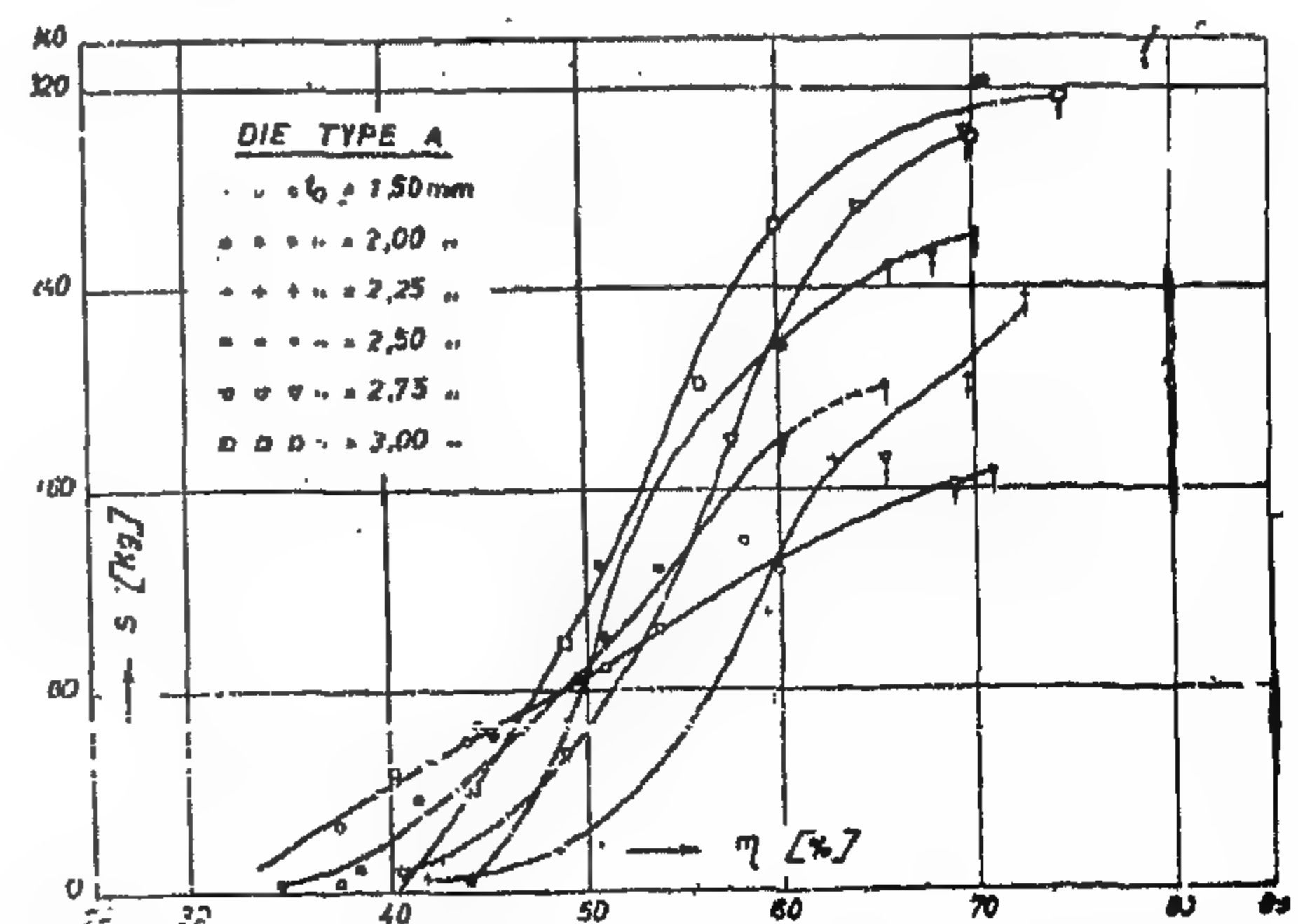


Fig. (7): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type A).

The tension-shear strength, respectively the pure tension-shear strength is got by dividing the tension-shear forces by the loaded weld area. This weld area has a more or less theoretical meaning; in practice it is generally much more interesting to know the real load which the welded spot can support. In addition to this, it is sure that the test load is not equally distributed over the welded area; which fact was confirmed for electric resistance spot welds [6] by boring the specimen at the central part of the spot lense; the remaining ring of the lense gave a higher tension-shear strength than that obtained for the full lense area. Also the weld area (or contact area) is not equally affected

by the applied welding pressure, as in general the central part of the interface is subjected to a higher concentrated squeezing stress than the peripheral zone of the interface area (fig. 6); this condition becomes much more pronounced for the die types C and D because of the particular shape of their faces which result in much more concentrated pressure at the central zone of the weld area. This was confirmed by tension-shear tests on specimens which were subjected to high deformation degrees, where failure occurred by tearing around a small area—at the centre of the welded interface—which increased by increasing deformation degrees, giving a higher tearing load (table 3).

TABLE 3

Effect of die type on the tension-shear force (near optimum conditions), due to varying forms of weld pressure concentration.

Die Type	t_0 (mm)	P (Kg)	η (%)	S (Kg)	REMARKS
A	2,00	2220	60,1	180	Teared out in a 4 mm Φ -circle
	2,00	2500	65,4	201	Teared out in a 6 mm Φ -circle
B	1,50	1630	71,5		Teared out around the ring circumference
	1,50	1630	70,6		Pressed flat after welding, and teared out around the ring circumference
C ₁	1,50	1465	64,9	87	Teared out in a 2 mm Φ -circle
	1,50	1600	70,5	96	Teared out in a 3 mm Φ -circle
	1,50	1645	77,2	148	Pressed flat after welding and teared out in a 5 mm Φ -circle
	2,00	1410	70,8	126,5	Teared out in a 2 mm Φ -circle
	2,00	1680	82,7	141,0	Teared out in a 6 mm Φ -circle
C ₂	2,00	2980	75,5	165	Teared out in a 4 mm Φ -circle
	2,00	3525	79,0	184	Teared out in a 7 mm Φ -circle
D ₁	2,00	3225	56,7	213	Teared out in a small ellipse
	2,00	3520	62,0	236	Teared out in a larger ellipse
D ₂	2,00	2500	47,2		Failed during flat pressing, after welding
	2,00	2500	47,2	52	Failed under shear, after flat pressing
	2,00	2500	47,5	148	Failed under shear, without flat pressing
	2,00	3200	60,7	198	Teared out, without flat pressing
E ₁	1,50	2200	50,3	145	Teared out in a small ellipse
	1,50	2580	63,6	174	Teared out in a larger rectangle
	1,50	2800	65,6	15	(ineffective wire brushing)

sensitive finger feeling which has to be reproduced for each specimen, since any slight difference in the uniformity of the brushed surfaces can greatly affect the resulting weld strength (table 3, type E₁).

The specimens are immediately mounted in the welding apparatus with their brushed surfaces mating together with a 20,0 mms overlap, and the welding pressure is applied at a constant speed of 6,0 mms/minute. The pressure is recorded against the die displacement. After relieving the pressure the welded specimen is dismantled and the weld bead thickness is measured. After finishing each series of welds, the specimens were tested for tension shear strength in a 500 kg. tensile testing machine, of make, "WPM", at a speed of 10,0 mms/min.

3.5 Tension-shear tests :

The values of shear strength (in kg/mm²)—as used with lap welds—are affected by factors other than the mechanical properties of the pressure welded interface, notably by the stiffness of the joint members and the resulting effects on the conditions of stressing during shear tests. In the shear tests, under tensile load (tension-shear tests), the free ends of the specimen strip, are clamped in the jaws of the tensile testing machine, then loaded until failure occurs. The maximum load carried by the specimen (apparent load) gives the tension-shear force of the weld bead. This test does not indicate the actual tension-shear force, because the strips tend to bulge and deflect during loading (and also during pressure welding, with varying amounts for different die types and various strip thickness), so that the actual shearing load is surcharged by an increasingly introduced head load (figure 5 A). The pure tension-shear force can be obtained if the specimen is vertically guided in the testing machine (fig. 5 B) to avoid bulging and deflection of the specimen. As this loading type is hardly met with in practice, it was

found sufficient enough, for the sake of simplicity, to take the apparent load as the tension-shear force "S" for comparing the results.

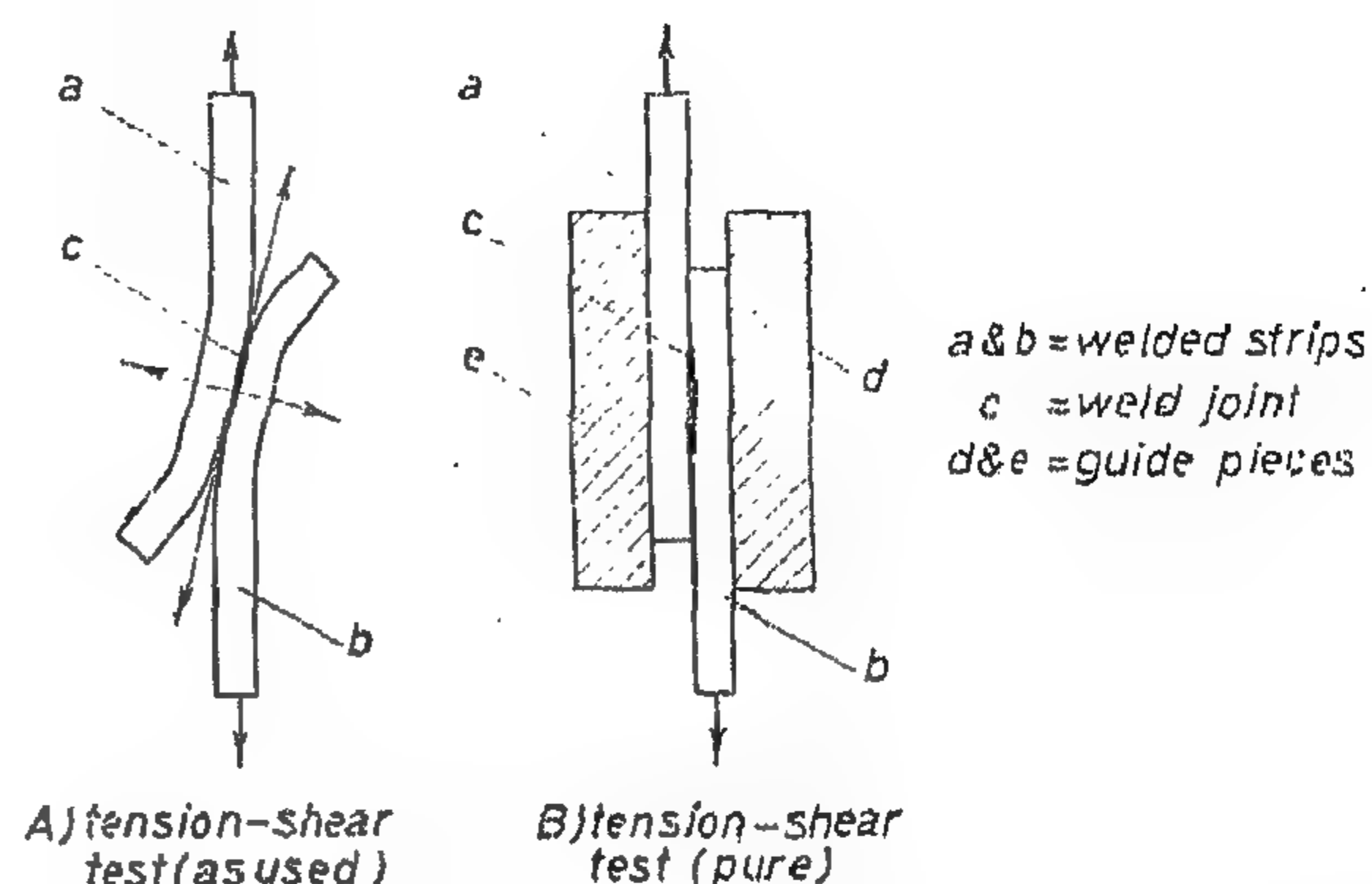


Fig. (5 A and 5 B): Position of the welded specimen in the tension-shear test.

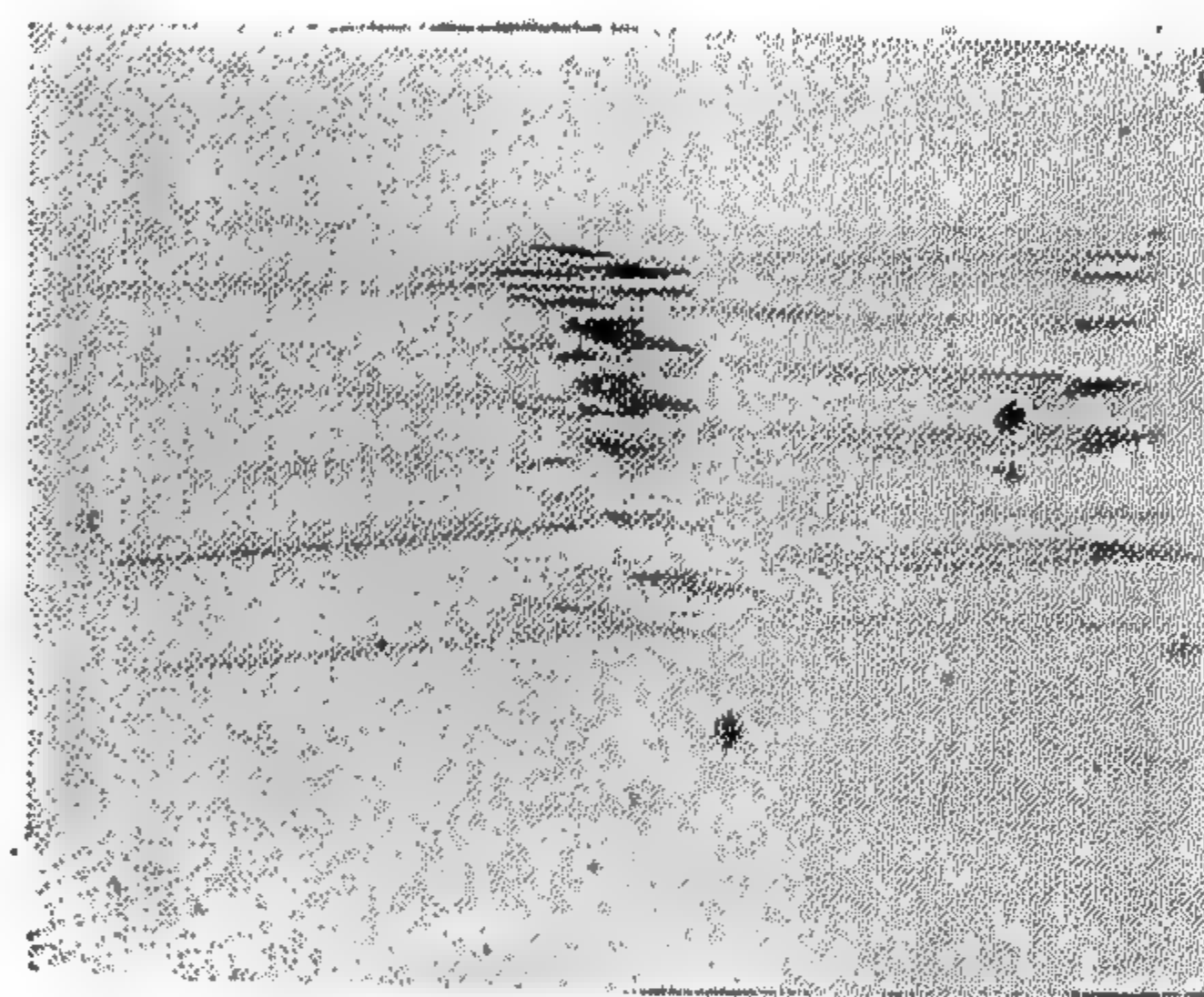


Fig. (5 C): Some specimens of different thicknesses, welded with different die types; showing the deflection taking place in the material around the weld-joint. The two lowest specimens were pressed flat after welding.

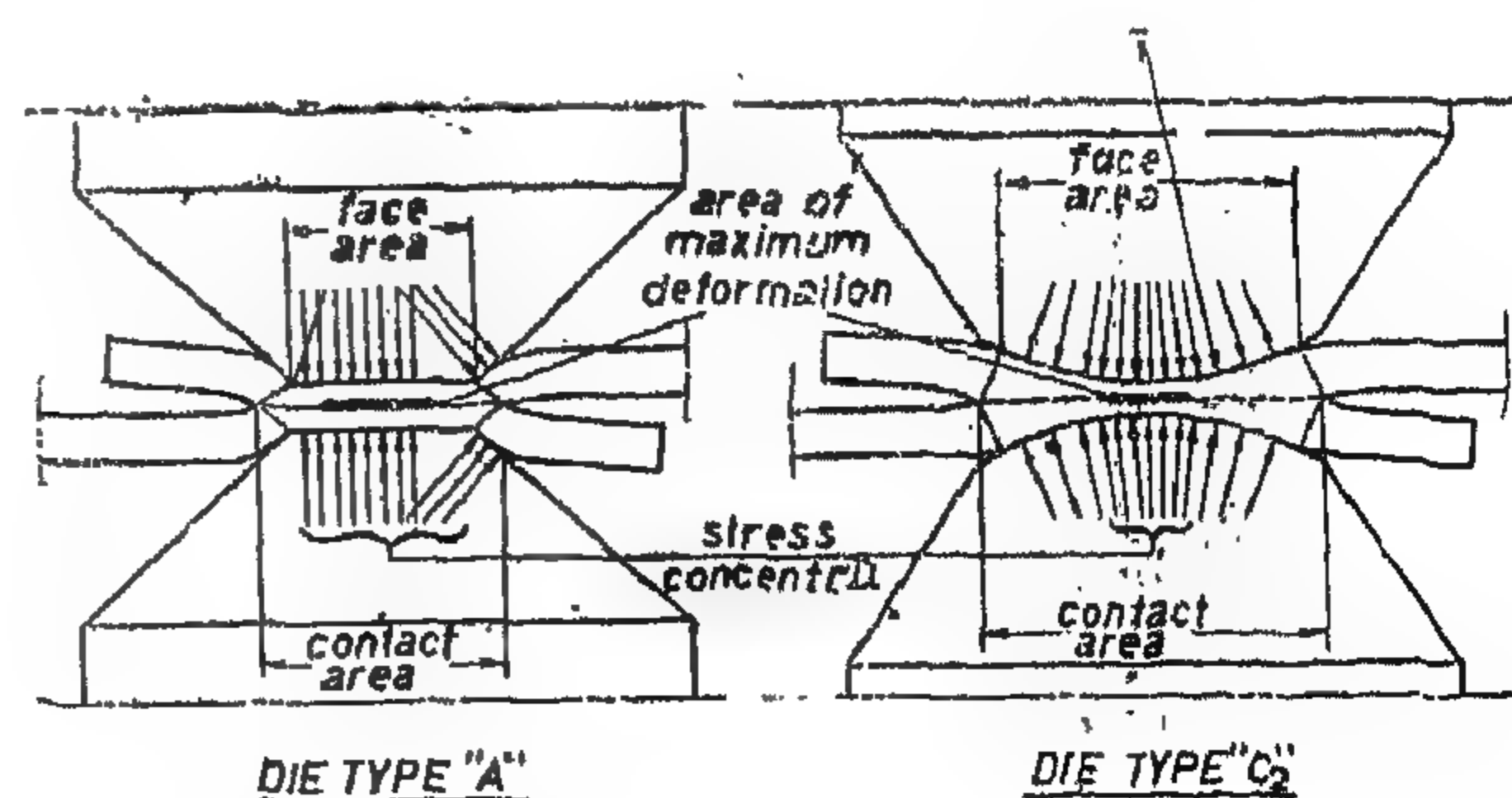


Fig. (6 A): Effect of die type on the contact area, and the stress concentration at the area of maximum deformation.

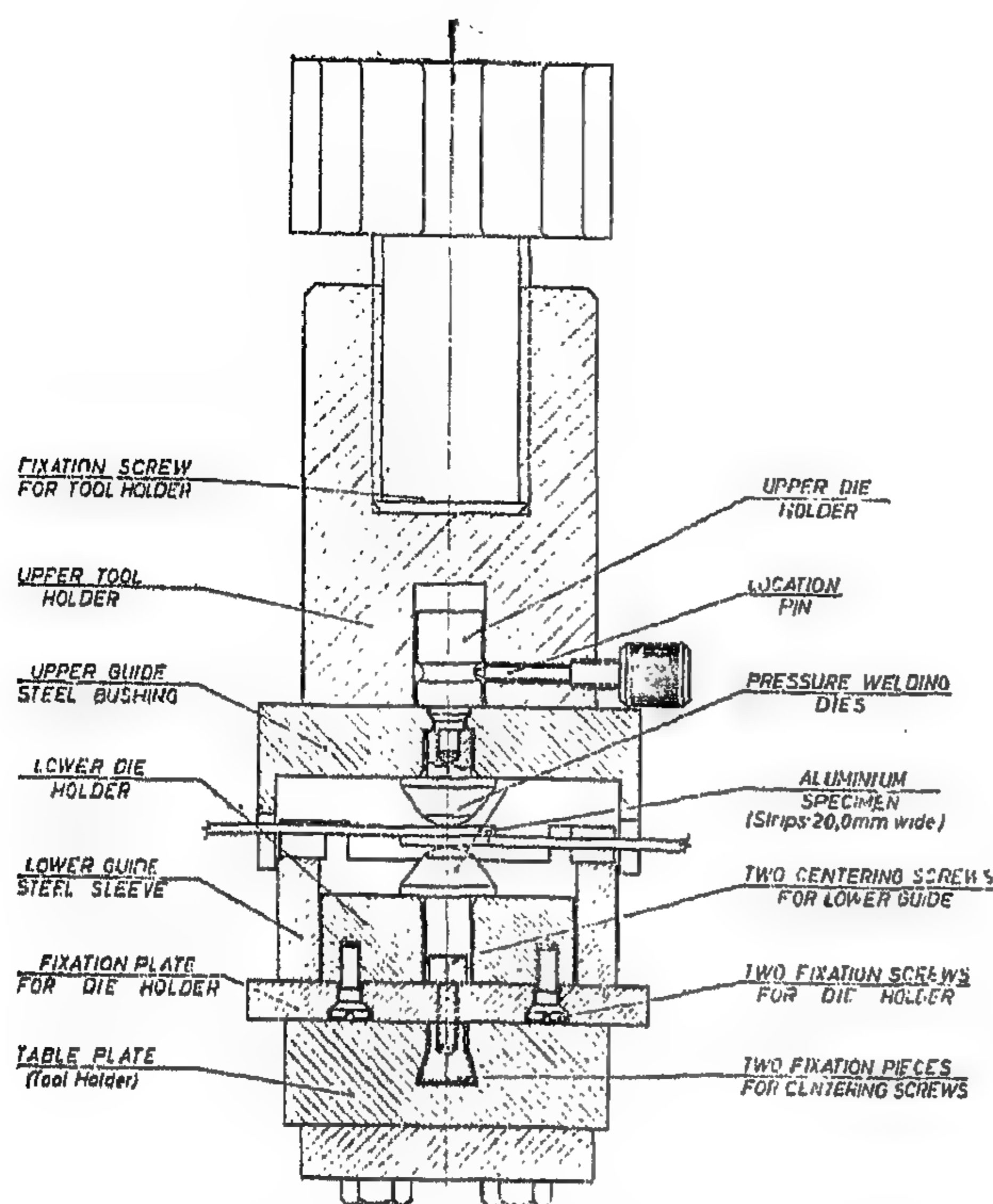


Fig. (3) : Pressure welding apparatus used for the Lap Welding Tests.

3.3 Pressure Welding Apparatus :

Each pair of dies have equal stem diameters ($K = 15,0$ mm) and different stem lengths. The upper die stem is screwed to the upper die holder located in the tool holder of the testing machine, and fixed in place by the locating pin, figure (3). The upper die fits centrally in the base of a guide steel bushing, which slides—during the upper pressure stroke—over the lower guide steel sleeve which



Fig. (4) : Material surface after wire-brushing. The photograph is for a weakly-welded specimen with die type C_2 , failed while pressed flat after welding.

in turn fits around the lower holder carrying the lower die, to ensure perfect concentricity for the die pair during the welding operation. The welding apparatus, specially designed for the purpose, is mounted in a 5-ton tensile-compression testing machine, type "WPM", fig. (2). The lower die holder is screwed to a bottom fixation plate whose lower face is milled from two opposite sides to leave a central straight projection shaped like a dove-tail. From this dove-tailed projection, the lower die holder can be made to slide horizontally in the respective slot of the table plate, till it comes in the central position under the upper die holder, then clamped in the table plate by the fixation screws located on both sides of the fixation plate. The screws push the two end pieces (dove-tailed to the same shape of the slot) to clamp on the tapered sides of the slot.

The upper guide bushing as well as the lower guide sleeve have four radial slots—perpendicular to each other—on their edges 21,0 mm wide and of adequate depth to enable coaxial location of the specimens to be welded. Both dies slide-fit in their holders for easy changing the different die types.

3.4 Welding Procedure :

The welding specimens, numbered on one end, were first cleaned by dipping in gasoline, degreased by trichlorethylene, then wire-brushed from the other ends on the faces to be welded. This was done on a rotating steel-wire brush of 125 mm diameter rotating at 3000 r.p.m. and having a steel wire of 0,3 mm diam. Wire brushing took place by applying a slight finger pressure against the specimen, the latter is fed axially across the periphery of the brush in both directions. Feeding was done by hand in a fine manner and every stroke the specimen is displaced slightly to bring a new surface under the effect of the rotating wire. This was repeated three times, till a characteristic relief polished, orange peel like surface appears, figure (4). The arrival to this surface condition needs a

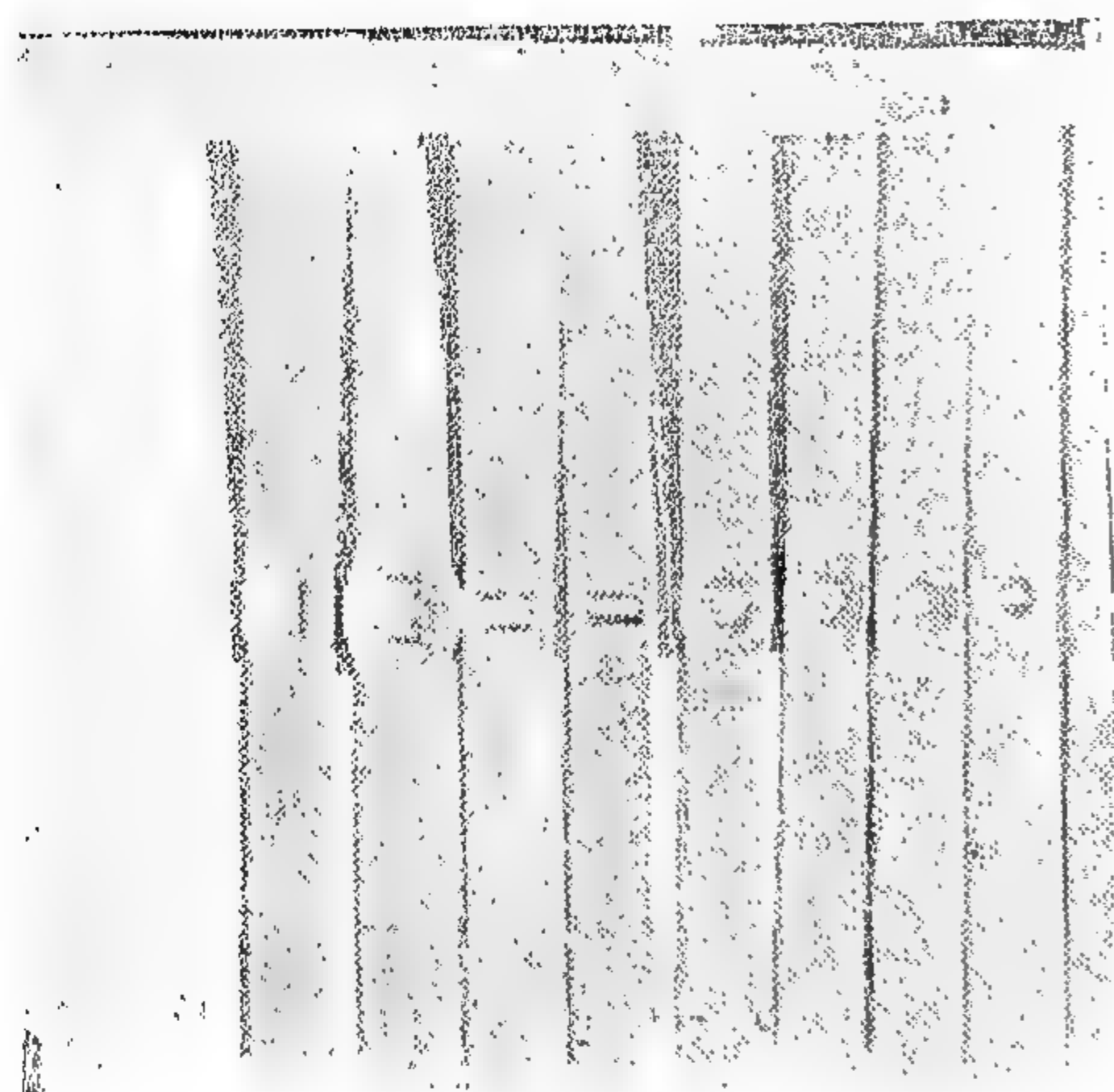


Fig. (1 B) : Some weld joints made by the different die types. (From right to left : Type B & C₁ pressed flat, C₁, A, B, E₂, D₂, D₁ & E₁)



Fig. (2) : Pressure lap welding apparatus, mounted in the 5-ton tensile compression testing machine, of Make "WPM".

TABLE 2 :

Mechanical properties of the material used for welding

Strip thickness "t ₀ " [mm]		1,5	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Ult. tensile strength	[kg/mm ²]	8,0	7,5	7,8	7,7	7,75	6,9
Yield strength at 0.2 %	[kg/mm ²]	3,5	3,6	3,5	3,25	3,4	3,2
Elongation on 50 mms	[%]	30	28	34	32	35	25
Brinell Hardness	[Nr.]	25,2	23	25,2	23,7	24,9	22,7

3.2 Pressure Welding Dies :

The dies used are of the shape and dimensions given in fig. (1) and table (1), all of approximately equal face areas of 50 mm², except the die type C₂ with spherical face of 15 mm diam. at the junction of the sphere with the conical head. The dies are made from carbon tool steel rods 30 mms diameter, machined to the required form then hardened and polished. These die forms have been chosen to cover, qualitatively, most geometrical shapes that probably can affect the deformability of the material under the welding pressure ; viz :

Type A : circular, flat.

Type B : ring, flat.

Type C : circular, spherical
(two sizes C₁ and C₂).

Type D : rectangular, rounded edges.

Type E : rectangular, sharp edges.

From the quantitative point of view, it was not tried to vary the size of the pressure faces of the dies since this variation will result in about the same size effect, if any,—on the necessary specific pressure, the optimum deformation degree or the optimum weld strength—as the variation of the material thickness by keeping the size of the pressure faces unchanged.

factors are: The welding pressure (P), the degree of deformation (η), the ratio of the welding pressure to the tension-shear force (P/S , which is suggested here to be a direct measure for the efficiency of applying the welding pressure), the related value of the

optimum welding pressure to the metal thickness (P_{op}/t_o) and the related value of the optimum or limit tension-shear force to the metal thickness (S_{op}/t_o). The last mentioned related values are introduced to give an idea about the size effect of the die faces, if any.

TABLE 1:

Types and Dimensions of the Pressure Welding Dies used in the Tests
($H = 25$ mms and $K = 15$ mms). See figure (1).

Die Type	h [mm]	n [mm]	d [mm]	DIMENSIONS		m [mm]	Θ [deg.s]	R (r)	a [mm]	b [mm]
				d_1 [mm]	d_2 [mm]					
A	13	5	8	—	—	—	38	—	—	—
B	13	5	—	10,5	6,8	—	42	—	—	—
C ₁	15,5	2,5	8	—	—	0,6	50	15	—	—
C ₂	13,5	2,5	15	—	—	2,0	52	15	—	—
D	11,7	5	—	—	—	—	(Θ_1) 45	(Θ_2) 31 (r) 3	4	12,5
E	11,7	5	—	—	—	—	41	30 3	4	12,5

3. TEST METHOD

3.1 Material tested :

The material chosen for the tests was soft pure aluminium 99.5 % delivered from Factory 63 in Helwan, in strips of 120 mms width and 1,0 mt. length in the following nominal thicknesses.

$t_o = 1,5 - 2,0 - 2,25 - 2,50 - 2,75$ and $3,00$ mms.

The strips were sheared across their width into smaller strips 20,0 mms wide to be used for the lap welding tests. The as-delivered material was 10 % cold rolled after annealing. Preliminary weld tests on this material gave very poor welds under excessive pressures. Therefore the test specimens were again soft annealed in an electric resistance muffle furnace at 390°C for 3 hours, then quenched in water. The resulting material, after degreasing and wire brushing, gave satisfactory

welds under normal pressures and deformation degrees. This material showed the following mechanical properties; table (2) :

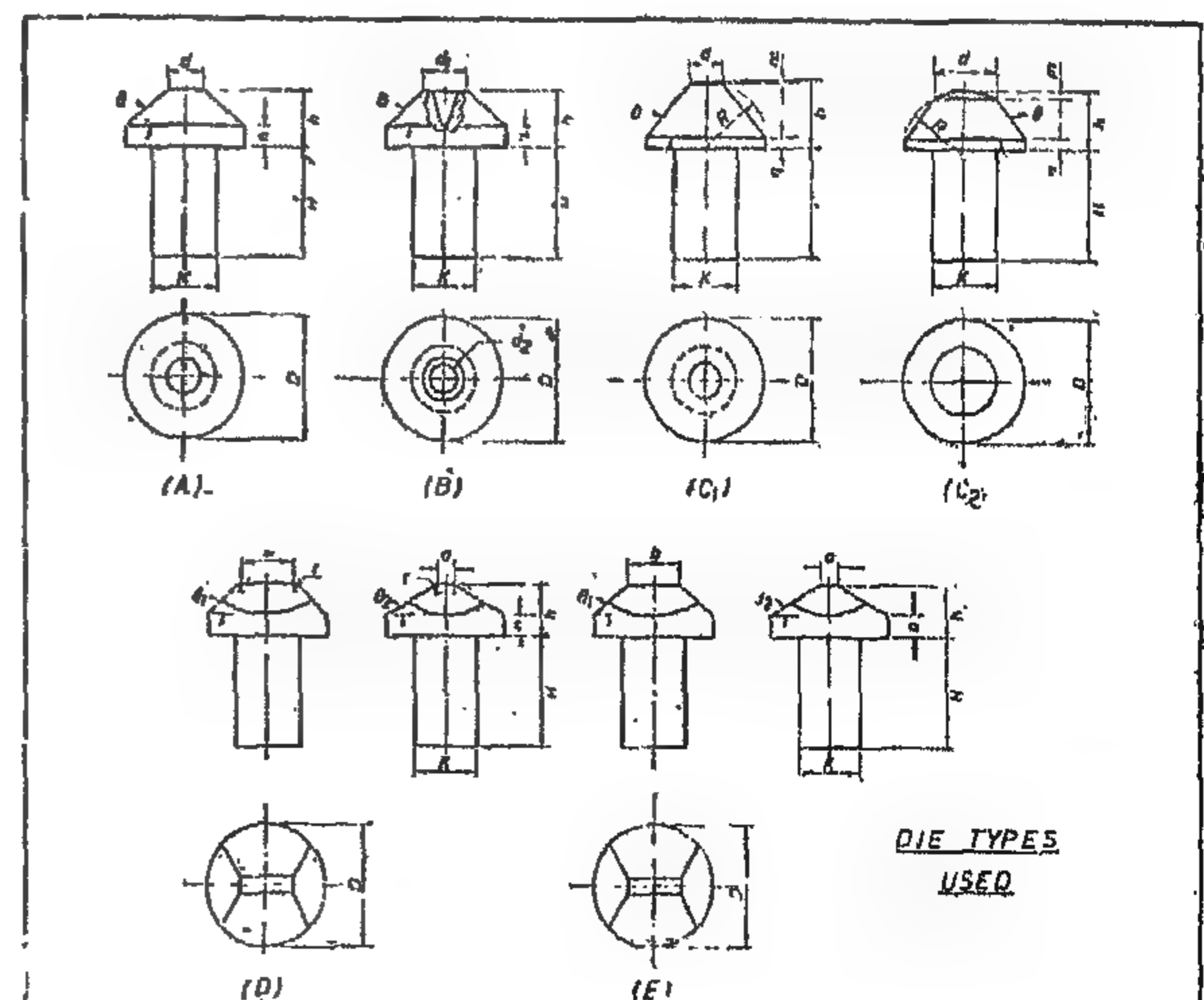


Fig. (1): Die Types Used.

for pressure butt welds on Al-Mg alloy under constraint, at 1022°F (550°C), the result of which is as follows [2] :

Under 5600 psi pressure and 18 % increase in weld area, gave a weld tensile strength of 21,000 psi and 2 % elongation.

Under 5600 psi pressure and 203 % increase in weld area, gave a weld tensile strength of 34,800 psi and 13 % elongation.

Under 30000 psi pressure and 203 % increase in weld area, gave a weld tensile strength of 35,000 psi and 13 % elongation.

Also, the adaptation of crystals at the weld interface, was found to have some effect on attaining the same weld efficiency at a slightly less deformation degree [4]. This effect was nullified at excessive deformation degrees, indicating the fact that the crystals tend to adapt themselves more readily at higher deformation degrees.

2. OBJECTIVE

The purpose of this paper is therefore to study the different factors governing the easiest flow of the metal when lap welding aluminium strips of six different thicknesses ranging between 1,5 and 3,0 mms, using six different die forms of nearly equal face (pressure) areas. The welding pair, having a width and length of overlap sufficiently larger than the size of the die faces, in order to avoid failure—when testing for weld shear strength—under tensile load in the original soft material in the zone located at the outside edges or periphery of the weld bead. In that way, when testing the lap welded specimens under tension-shear loading, failure is ensured to take place at the welded zone by peeling, either under pure shear stress in which case the joint slips along the interface without cracking the metal (weak weld), respectively, the joint slips with some metal tearing out from the one part into the mating part (reasonable weld), or under tensile stress by tearing the metal at the shortest periphery of the thinnest part in the weld zone (limit weld strength). For most die

It follows that, in order to attain the deformation degree necessary for getting sound welds under the minimum possible welding pressure applied at room temperature, the freedom of the metal to flow easily at the weld interface has to be investigated. For butt welds, this freedom is assured, as the bar ends to be joined are clamped between the pressure dies having the shape of strong bushes, leaving a suitable length from the faces to be butted together. In that way, the metal is allowed to flow freely and uniformly in radial directions forming the weld bead. For lap welds (fig. 6) which are to a certain extent analogous to spot welds, the metal flow under the die faces is affected by the form of the dies, i.e. the taper extending from their pressure faces, the area of the die face relative to the metal thickness, and the shape of this face and, for rectangular dies, its relative situation w.r.t. the specimen axis.

forms, this limit weld strength tends to increase further by increasing the deformation degree (or welding pressure), while for few others, it remains nearly constant or slightly decreases by increasing the deformation degree. This is mainly due to the shape of the die face which—by increasing degree of deformation—tends to displace the weakest contour line of the weld joint, away from the centre of the weld bead. For that reason, and in order to get comparable results, the *limit weld strength* was determined for each die shape and each metal thickness, and correlated to the variables investigated and factors affecting this strength.

The variables investigated are : Shape of the pressure die faces and the thickness of the material welded.

The factors affecting the weld strength are numerous, as mentioned and tested before by the author [1 and 4] and by others [2 and 3]. Therefore, this research is concentrated on studying the effect of those factors directly connected with the above mentioned variables and affecting the strength of the weld. Such

the *Cold Pressure Welding Process* from its special sense as, "the joining of similar or dissimilar metals by pressing them together under compression in a temperature range lying under the lowest possible recrystallisation temperature"

The process was found, in general, to be controlled—in as far as the resulting weld efficiency* is concerned—by the degree of deformation taking place at the weld interface. This depends, in turn, on the amount of the specific pressure necessary to cause the metal to yield and deform plastically to the required degree that ensures optimum weld strength. The deformation degree is given by :

- (a) The percentage increase in weld interface area, for *butt welds*, and
- (b) The percentage reduction in sheet thickness at the weld bead, for *lap welds*.

This specific pressure should be high enough and has to be applied on a properly prepared surface, so that the metal is allowed to flow easily in the required degree and in the proper direction.

The former condition, viz. the surface preparation, has a great influence on the weld, because contaminating films and the oxide skin present on the surface (specially the hard oxide film usually covering aluminium surfaces), must be removed or brought to a minimum. Chemical treatments e.g. by 15 % HF after degreasing gave satisfactory results; but the best results are attained by degreasing followed by wire brushing. Not only the surface cleanliness is important, but also the surface condition and "topography" are of predominating character; the last factor is, at the present time, not completely understood, but current investigations should clarify its influence.

The latter condition can be achieved by proper tools design. Because of the high specific pressure involved in the operation, it follows that only limited areas could be cold-pressure welded; on the other hand, this drawback is not of major importance, since joints could be made at many small points together or at successive spots or even seam-welding could be practiced if the respective data could be made available.

Recent investigations [1-3] showed the possibility of getting sound welds at remarkably decreasing specific pressures by raising the welding temperature from R.T. to the lower limit of recrystallisation (e.g. from 30,0 kg/mm² at R.T., down to 9,00 kg/mm² at 300°C, for butt welds on pure aluminium giving in both cases equal weld strengths of 9,0 kg/mm² [1]). The pressure could be further decreased at a much faster rate when raising the welding temperature far beyond the recrystallisation range at some sacrifice in the weld strength. However, above the recrystallisation temperature, the welding process, is controlled much more by the diffusion mechanism (time under pressure is the major factor) than by the amount of the specific pressure, while below the recrystallisation temperature, the pressure amount has the major influence because diffusion is negligible, e.g. it was found [2], when pressure welding duralumin (Al-Cu-Mg alloy containing 4,5 % Cu) on purest aluminium 99,99 % at 975°F (525°C), that the diffusion of Cu from the dural-side into the pure Al-side is equivalent to about 0,00004 inch per minute i.e. about 1000 Å/min.

However, the amount of the specific pressure, is not, in itself, the major factor directly influencing the weld efficiency, but the resulting deformation degree is found to be the deciding factor for the resulting joint character. This has been proved experimentally

*The term "weld efficiency" is generally taken as the ratio between the strength of the resulting weld and the strength of the soft base metal. The author suggested to use the term "weld strength factor" for butt welds as the ratio between the tensile strength of the weld bead and that strength of the same material which has been equally deformed (strain hardened) under similar welding conditions [1].

EFFECT OF SOME FACTORS INVOLVED IN THE COLD PRESSURE WELDING PROCESS ON THE LAP WELDING OF PURE ALUMINIUM STRIPS

By

Dr. M. K. ABDEL AZIZ, Dr. Sc. tech., M.A.S.M.,
*Professor of Production Engineering and Industrial Administration
Ain Shams University, Cairo.*

PREFACE

The pressure welding process, being the subject of several recent investigations both for lap welds as well as for butt welds, carried out on various non-ferrous metals at room temperature and at elevated temperatures, was found to be affected by a number of factors as given in the following pages. One major factor, viz., the amount of deformation which the metal has to undergo under the applied pressure, is found to be the main criterion that controls a sound weld. This deformation amount calls for extremely high pressures when carried out at room temperature, while at elevated temperatures, the pressure necessary falls down considerably [1],* which result indicates the possibility for its practical application.

Any attempt contributing to a practical success of the process when carried out in the cold condition—specially for lap welds—has to deal, for many practical reasons, with the question of reducing the applied pressure. The present paper tries to clarify the effect of some factors involved in pressure lap welding—mainly the design of the pressure dies, and the size effect of their pressure areas—in order to approach optimum conditions for getting sound welds with least possible welding pressures when applied at room temperature.

For that purpose, soft pure aluminium strips of variable thickness, ranging from 1.5 to 3.0 mms has been chosen for the tests. Six sets of dies having different forms with constant pressure areas at their faces, were used.

1. INTRODUCTION

The definition of the *Pressure Welding Process* from its general sense, as given by Miller and Oyler [2], is "the formation of a weld joint, in the solid state, between metallic materials by applying a deforming pressure,

at any temperature which lie under the melting point, respectively under the solidus line) of both component materials". This definition covers the pressure welding both in the cold and in the hot condition. Ruge [3] defined

*Numbers between square brackets, refer to the annexed list of references.

TABLE (II)

Condition	Test No.	No. of cycles causing failure	Mean value of cycles	Remarks
case — a	11	9080	9180	Crack started near the start of weld in the tension fibers.
	12	8990		
	13	9100		
	14	9310		
	15	9420		
case — b	16	13080	13145	Crack started near the crater in the tension fiber and some times in the compression fiber in the middle section of the beam.
	17	13200		
	18	13400		
	19	12990		
	20	13050		
case — c	21	9010	9104	Crack started near the start of weld in the tension fibers.
	22	9100		
	23	9300		
	24	8900		
	25	9210		

Discussion of results :

Failure took place in the base metal at the start of welds adjacent to the middle sections of beams welded in the forms (a & c) although stresses due to bending at that place were below those acting at the middle sections of the beams. Beams of form (b) cracked near the crater in the base metal.

The number of cycles which brought failure to beams of forms (a & c) were found to be nearly the same, while those of form (b) lasted longer under the same repeated stresses with an improvement of over 40 % over beams of forms (a & c).

These results confirm, to a great extent, the argument made about the difficulty encountered in producing homogenous weld

at the start of weld which tends to raise up the factor of stress concentration at that zone. In addition to this there is the possibility of having bainite or bainite and martensite beside the pearlite at the start of weld due to the high rate of cooling which exists at that particular zone during welding.

Conclusion :

From the previous experiments it may be advised to avoid using intermittent welding in beams subjected to repeated stresses, especially along parts where maximum stresses occur. In case this is unavoidable, one has to see that the beads of welds on both sides of sections carrying maximum stresses are having their craters facing each other.

A microstructure examination was made on pieces of material near to the crack in specimens of groups (a & b). Specimens of group "a" showed martensite beside the ferrite and pearlite, while martensite was not traced in specimens of group "b".

These results showed that welding lowers the ductility of the base metal otherwise cracking would have occurred at the middle section of the beam where maximum stresses due to bending occur. This is beside that the ends of each weld are considered as stress raisers. All beams cracked in the base metal close to the bead next to the middle section as shown in Photo (5).

II. — Comparison between the effect of the start and the crater of weld on the fatigue properties :

It is noted from the previous experiments that the rate of cooling of the deposit metal as well as the base metal during the process of welding plays an important part in determining the metallurgical structure of the welded zone.

A very low rate of cooling provides the austenite grain with enough time to be transformed from one solid phase into another till pearlite appears as the temperature drops down from the austenite region to the room temperature. If the rate of cooling is somewhat high, e.g. when welding takes place in cold weather, bainite and martensite are bound to appear. The rate of cooling at the start of weld is always higher than that at the crater.

The homogeneity between the deposit metal and the base metal is essential for producing sound welds. This is very hard to achieve in arc welding at the start of weld while it becomes possible along the line of weld including the crater of weld for technical reasons. The crater of weld is then expected to have better fatigue properties than the start of weld.

Experimental Results :

Several beams have been constructed by intermittent arc welding where adjacent beads of welds in the central portions of the beams were prepared in the following 3-different forms & as shown in fig. (6).

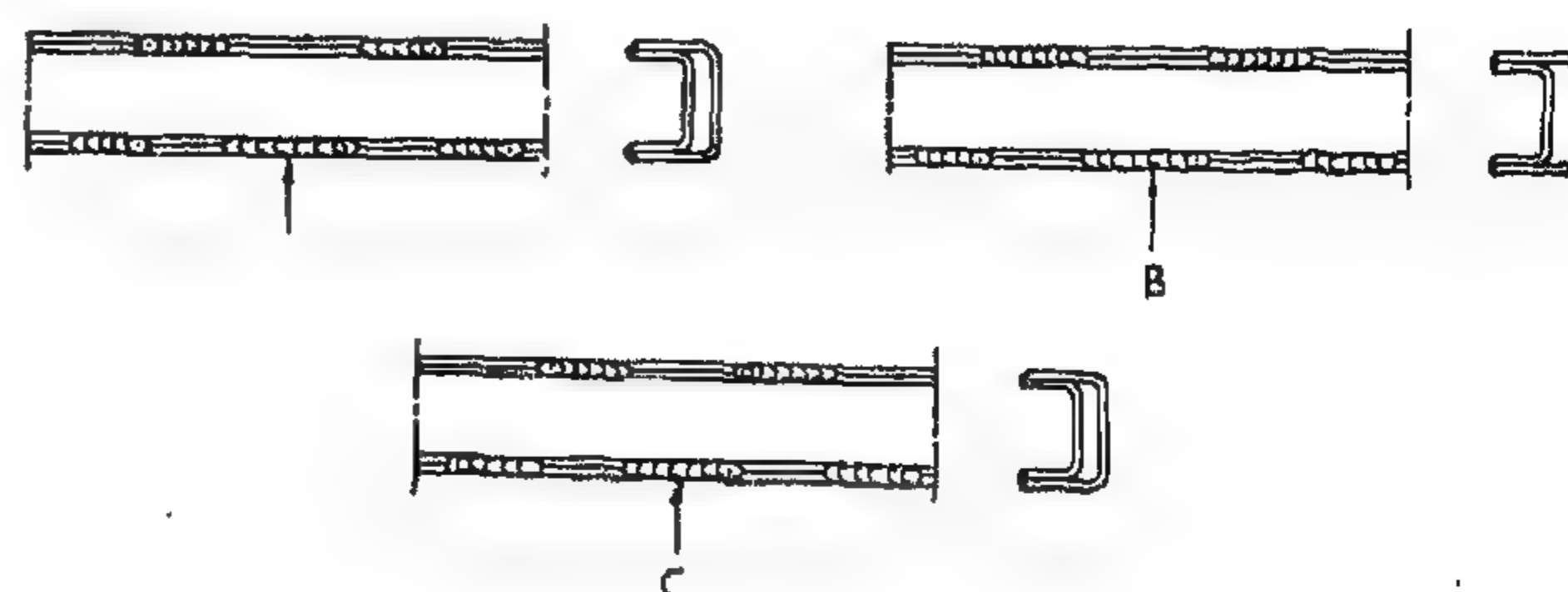


Fig. (6)

- The start of welds were facing each other ;
- The crater of welds were facing each other ;
- The start of weld of one bead was facing the crater of weld of the adjacent one to the other side of the middle section.

Results of failure due to repeated bending on beams welded in the previous forms are given in Table (II).

Results given in Table (II) were due to beams welded and tested in accordance with the following :

Type of joint	: edge weld
Type of weld	: intermittent arc welding.
Type of electrode	: Kobe steel R.b, 26
Speed of crank	: 160 r.p.m.
Maximum deflection	: 6 mm
Span between supports	: 100 cm,

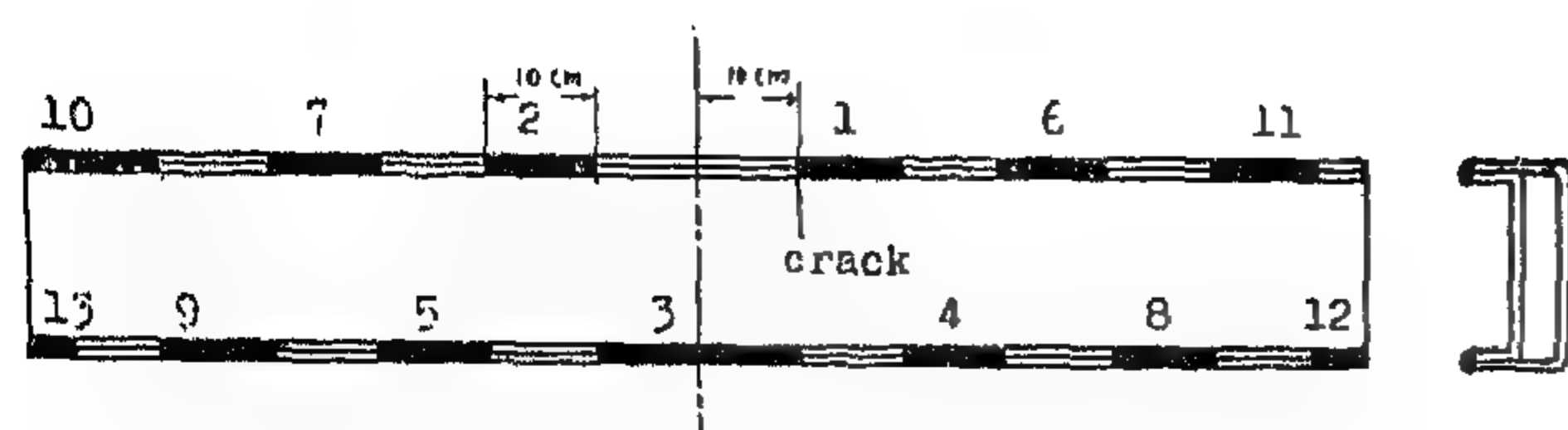


Fig. (5)a

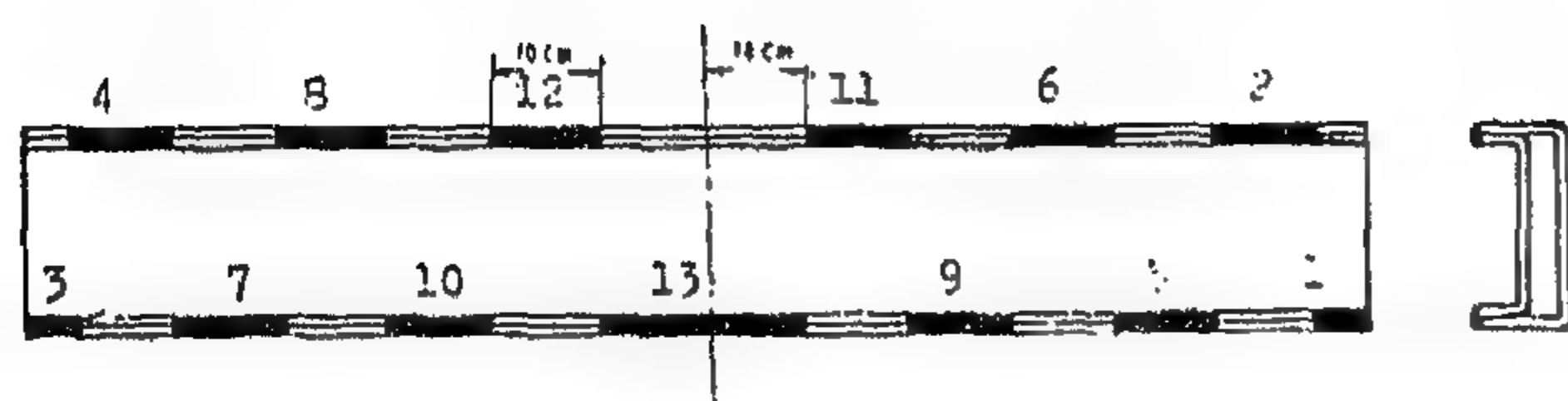


Fig. (5)b

Beams welded in the previously mentioned methods have been subjected to repeated bending of maximum value at the middle section. The stresses developed were within the elastic limit of the material used. The beams were left till failure occurred and the number of cycles which brought failure for each beam are shown in Table (1).

Experimental Results :

Type of joint : edge weld
 Type of weld : intermittent arc welding
 Type of electrode : Kobe steel R.b. 26
 Speed of crank : 160 r.p.m.
 Maximum deflection : 6 mm
 Span between supports 100 cm.

Discussion of results :

The heat dissipated by the action of welding at any part of the beam will help in raising up the temperature of a considerable length nearby. Consequently the rate of cooling of the nearby bead as well as the last ones were expected to be of lower values than the previous ones and having better quality of weld. This was proved by the results obtained. The zone of weld at the middle part of the beams showed higher fatigue strength in beams of group "b" over those of group "a" as a result of having less martensite or none at all when compared with each other.

TABLE (1)

Group	No. of cycles causing failure	Test No.	Remarks
"a"	9000	1	Crack near bead No. 1
	9030	2	" " " " "
	9050	3	" " " " "
	9010	4	Crack near bead No. 2
	9060	5	" " " " "
"b"	21000	6	Crack started at bead (11)
	20800	7	" " " " (12)
	21110	8	" " " " (12)
	21130	9	" " " " (12)
	20910	10	" " " " (11)

The instantaneous cooling rates of arc welding were found to lie between $200 - 8000^{\circ}\text{F}/\text{min.}$ depending upon various factors such as the process of welding to be used, plate thickness, preheat and weld energy input. Accordingly the expected structure or products of transformation may range from (ferrite + bainite + martensite) to (ferrite + bainite) depending upon the welding conditions. This can be easily followed on an actual continuous cooling diagram for a certain steel such as the one given in photo (4).

The austenitic grain size and austenite homogeneity in the steel in the austenite region influences so much the type of transformation diagram obtained under continuous cooling. In the continuous cooling and isothermal diagram shown in photo (4) various rates of cooling such as $30000^{\circ}\text{C}/\text{min.}$, $6000^{\circ}\text{C}/\text{min.}$, $1000^{\circ}\text{C}/\text{min.}$ & $50^{\circ}\text{C}/\text{min.}$, are given to represent different kinds of transformations when cooling an austenite grain from the austenitizing region down to the room temperature. The quickest rate of cooling, $30000^{\circ}\text{C}/\text{min.}$, gives complete transformation to martensite which starts at the M_s temperature (400°C) and is completed when the M_f temperature is reached. The next lower rate of cooling, $6000^{\circ}\text{C}/\text{min.}$, will result into three constituents starting by small percentage of ferrite then bainite and the rest will appear as martensite. The next rate to follow shows that pearlite will result after the completion of ferrite decomposition, but bainite and martensite will appear at lower temperature below the pearlite zone. The last rate is representing the limit of the quickest rate of cooling below which neither bainite nor martensite will exist at temperatures below the pearlite zone temperature. Accordingly the whole austenite grain has been transformed into ferrite and pearlite and that any further cooling does not affect the constituents that have been reached. So for that particular steel the quickest rate of cooling which should not be exceeded other wise bainite and martensite would appear in the final constituents is $50^{\circ}\text{C}/\text{min.}$

Experimental Investigation

1. — *The effect of the rate of cooling of the welded zone on the fatigue strength of the weld:*

When welding is carried out on beams at room temperature, the first bead of weld will be quenched from the liquid state into a temperature falling into the martensite zone. Therefore bainite and martensite are expected in the H.A.Z. once the rate of cooling of the weld exceeds a certain limit. The presence of bainite and martensite in the H.A.Z. will bring down its ductility and lowers the fatigue strength of the material concerned.

In order to avoid formation of martensite as a result of welding one has to raise the base metal temperature to above the martensite formation zone before carrying out the process of weld. This will help also in lowering the rate of cooling of the weld itself.

The technique used in the present work to raise up the temperature of the base metal along parts of the beam where maximum stresses due to bending are expected to take place is as follows: The heat dissipation from one zone to another, as a result of welding, could be made use of by leaving the most critical part of the beam, where failure is expected to occur, to be welded last of all.

Intermittent arc welding was used to construct two groups of beams set for tests while the order of the fillets of weld differed from one group to another.

Group "a": The first fillet of weld was located near to the mid-length section of the beam where maximum stresses due to bending occur. The sequence of welds along the rest of the beam was as shown in Fig. (5)a.

Group "b": The first fillet of weld was located at one end of the beam. The rest of the welds were done in the order given in fig. (5)b, where the middle weld was the last of all.

rite. On the other hand if the rate of cooling is rather fast, the austenite grain is expected to reach the critical temperature with carbon content less than 0.8% as ferrite has not formed in the same amount as before which is the case in non-equilibrium transformation. Any further cooling below the critical temperature has to be under control otherwise other products than pearlite is expected to form, such as bainite and martensite. The time factor is therefore of great significance in the subcritical region.

The rate of transformation of austenite into pearlite at any subcritical temperature level varies from one level to another. There is a temperature range where transformation is most rapid and is known by the pearlite nose, above and below which the rate of transformation is known to be lower. The pearlite nose temperature lies between 540 °C and 675 °C for most steels, below which another structure than pearlite is quicker to form. The structure of this new constituent is composed of cementite and ferrite aggregate called bainite but differs in the orientations of their lamella from that of the fan shaped pattern of the pearlite.

The isothermal transformation diagram can then be obtained at several subcritical temperatures for the steel concerned. It is well known by the (S — curves) or the (T.T.T. curves) i.e. the time temperature transformation diagram.

Non-equilibrium phase changes in steel :

The transformation of steel on cooling when equilibrium does not exist is of great significance if the behaviour of the heat affected zone (H.A.Z.) of the weld is under investigation.

The behaviour of hypoeutectoid steel when its temperature is brought down instantaneously from the austenitizing region into the subcritical region where transformation is isothermal has already been mentioned. At

the nose temperature the time for initiation and ending of transformation is the shortest among all other subcritical temperature levels. The microstructure of the products of transformation of austenite from the critical temperature to the nose temperature shows pearlite with finer lamella as the holding temperature is lowered and that ferrite is existing but gradually suppressed in volume until little or none exists if transformation takes place under the nose temperature. Below the nose temperature a feathery dispersed aggregate of ferrite and carbide called bainite appears, the hardness of which lies between that of pearlite and martensite.

If austenite is left to cool below a certain temperature, which depends upon the composition of the steel, a constituent known as martensite starts to form instantaneously. The amount of martensite formed is dependent on the temperature level and independent of the time.

The temperature level where martensite starts to appear is denoted by M_s below which the percentage of martensite formed progressively increases as temperature drops till completion is reached at some temperature denoted by M_f . It is noted that martensite is not an ordinary nucleation and growth phenomenon. There is an empirical formula which determines the M_s temperature in carbon and low alloy steels.

$$M_s (F^\circ) = 1000 - 650 \times \% C - 70 \times \% Mn - 35 \times \% Ni - 70 \times \% Cr - 50 \times \% Mo$$

Continuous cooling transformation diagram :

The previously mentioned isothermal transformation gives only a clue to the kind of products expected for the cooling rates existing in welding processes. Therefore a continuous transformation diagram for the steel to be welded should be experimentally obtained in order to have a true picture of the results of the welding process to be used.

adjustable push rods "D" to the right positions relative to the clamber. At the top dead centre position, the top of the piston protrudes 12 mm as shown in fig. (4). In order to produce a certain maximum deflection when the piston reaches the top dead centre posi-

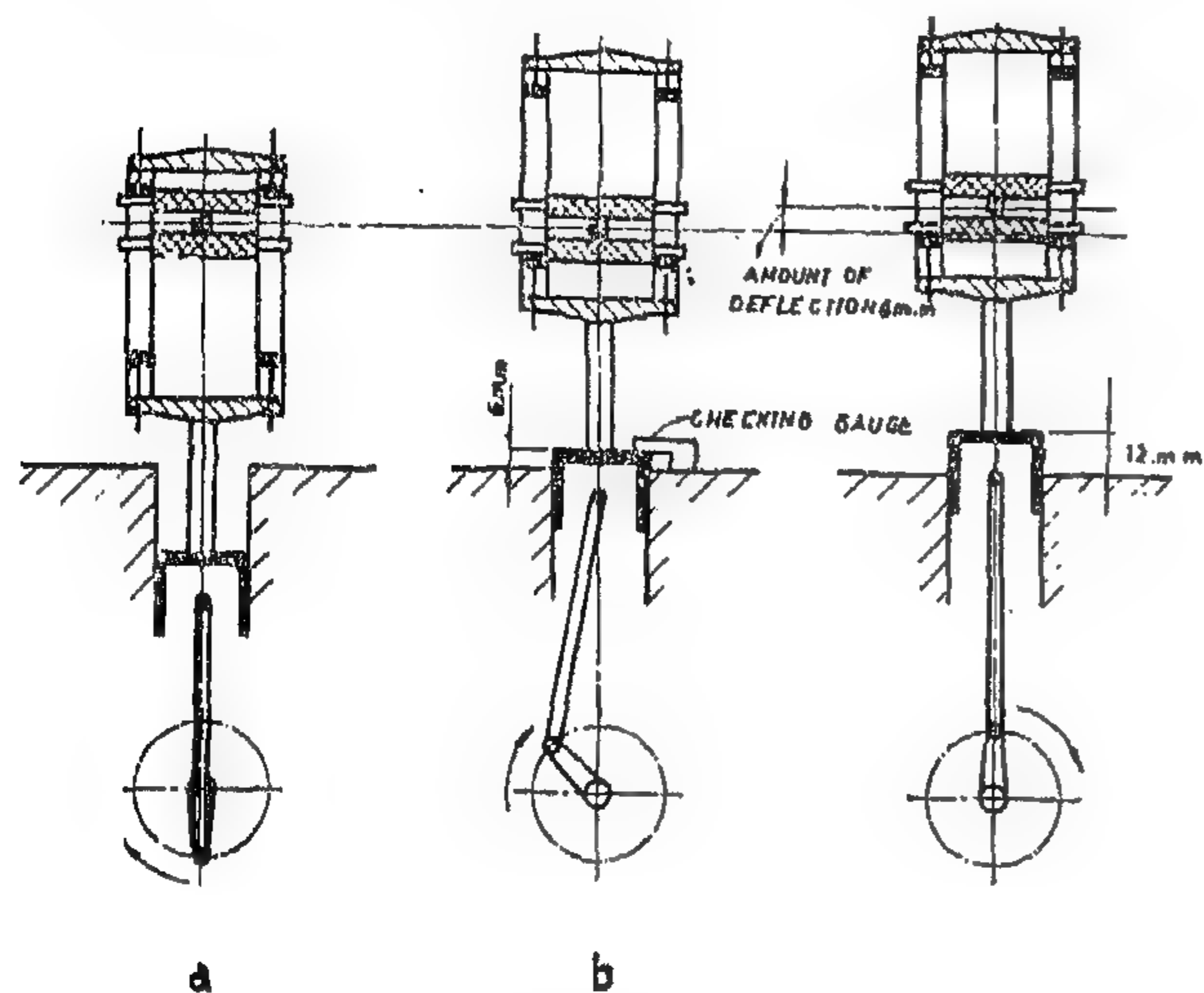


FIG. (4)

tion, the bottom push rods are set to touch the clamber when the piston protrudes a value equals to (12 mm - max. deflection required for the beam) as shown in fig. (4 b). Therefore several checking gauges were machined to measure the amount of protrusion required. The top push rods in the oscillator will serve, for these types of experiments, to return the beam to its original position at the end of the downward stroke just in case plastic deformation did happen before complete failure takes place. This can be done by setting these push rods to touch the clamber from the top at the end of the downward stroke while the beam is in its neutral position.

The metallurgical transformation during welding

The main discussion will be around the heat treatment of alpha forming steel and its existence when non-equilibrium reactions occur as in the case of welding of steel. With this as a basis the necessity of controlling the cooling rate of the welded zone will be justified. Martensite is known to be detrimental

when it appears in the welded zone. As a result of this, means of avoiding the formation of martensite in welding have been tried.

During the process of welding, the weld metal is considered to be in a liquidus phase and this might not be the case with the base metal. The base metal can not be entirely a part of the deposit metal until it is heated up to the liquidus state or at least when solid fragments from the base metal in the liquid-solid phase are carried by the stirring action of the metal.

The hypoeutectoid steel is known to pass through various phases from the liquidus condition to the solid state where austenite is formed. Further reactions in the solid condition will take place as cooling proceeds such as decomposition of one solid solution into two different solid phases. As the hypoeutectoid alloy is left to cool slowly from the austenite region down through the critical range, the austenite grain reaches the critical temperature at about 723 °C with saturated carbon content of the eutectoid composition, i.e. 0.8%. This is due to the splitting of ferrite nuclei from the main austenite grain. It must be noted that the austenite grain can not exist below the critical temperature if the system has to remain in equilibrium. As steel cools through the critical temperature, austenite decomposes into a mixture of the two phases ferrite and cementite where most of the carbon is used to form the cementite and the rest of it forms the ferrite. The structure of ferrite and cementite is known by pearlite. No further appreciable changes take place in cooling from just below the critical temperature where the microstructure consists of proeutectoid ferrite and pearlite. The percentage of pearlite is higher the higher the carbon content in the hypoeutectoid steel.

If hypoeutectoid steel is allowed to cool down slowly from the austenite region to the critical temperature, so that equilibrium condition is achieved, austenite grains of 0.8% carbon will appear surrounded by fer-

Fabrication of test pieces :

Beams of over 100 cm long of the form shown in fig. (1) were constructed by intermittent arc welding, of 10 cm weld and 10 cm space. Deep drawing quality mild steel sheets of 2 mm thick having a yield strength of 26 kg/mm² were used to form the given cross sections of such beams.

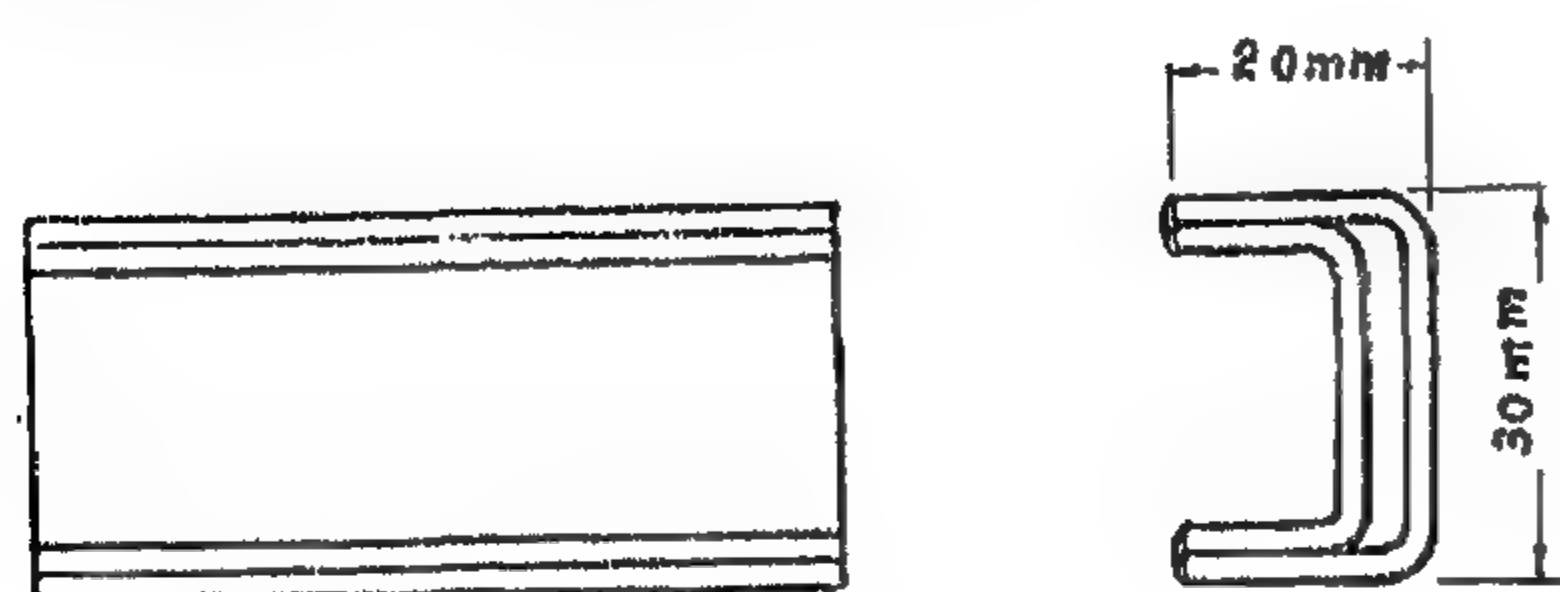


Fig. (1)

Method of testing :

A certain apparatus has been constructed to produce repeated bendings accompanied by impacts upon the test pieces used in this investigation and is shown in photo No. (1). It is a crank type machine of 2 cm throw driven by an A.C. motor through a set of reduction gears. A diagrammatic sketch representing the whole apparatus including an adjustable oscillator is given in fig. (2).

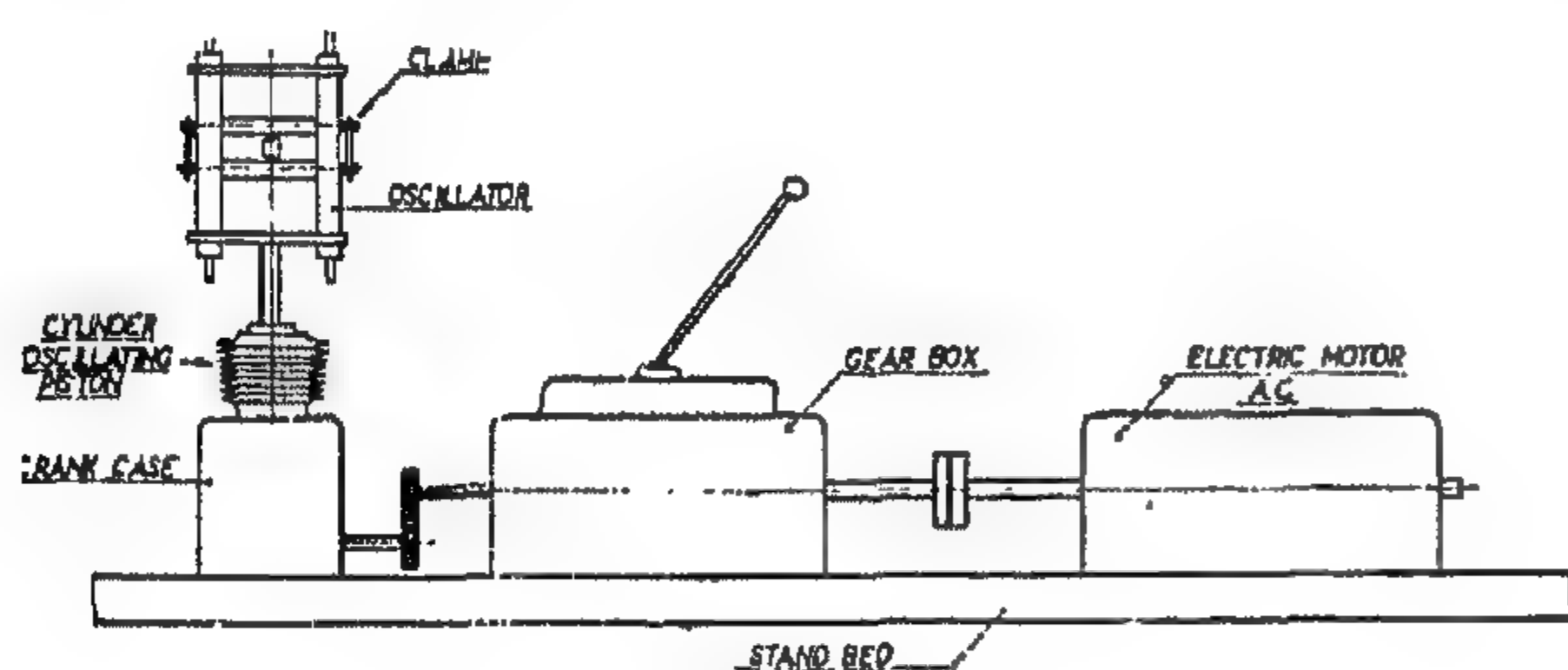


Fig. (2)

The adjustable oscillator receives an alternating motion from the crank with maximum stroke of 4 cm. The oscillator designed is capable to transmit the required deflections to the tested beams and its constructional details are shown in fig. (3). The test piece is shown clamped between two rollers through which the force of bending is transmitted to the beam to give the required deflection after setting the oscillator itself to some adjustments.

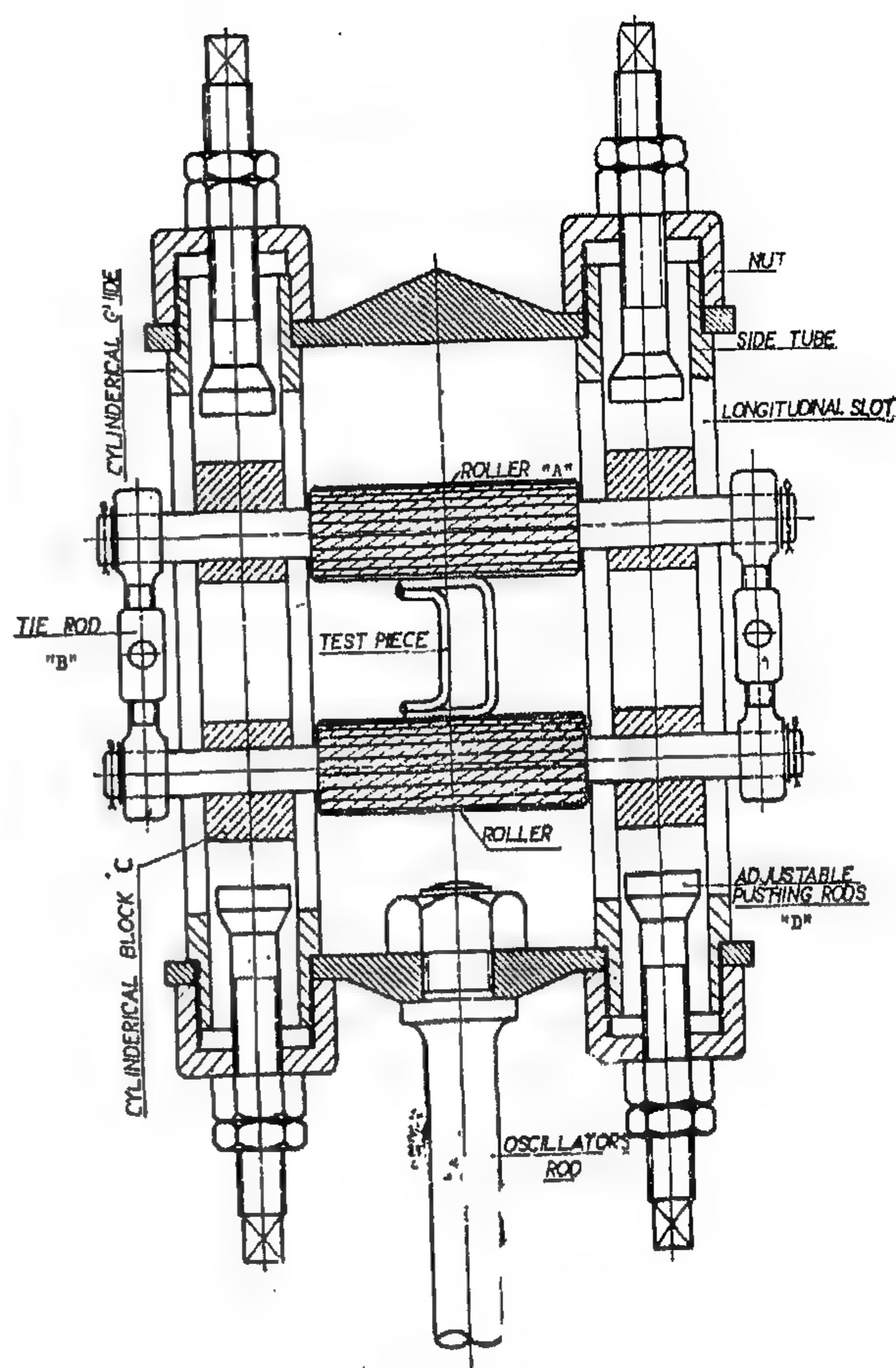


Fig. (3)

The test piece in photo No. (2) is seen clamped in the middle by the adjustable oscillator and simply supported at the ends by means of adjustable stands. Photo No. (3) shows the oscillator attached to the top of the piston of the alternating machine through a piston rod.

Means of setting the required deflection through the oscillator :

In fig. (3) the rollers "A", the tie rods "B" and the cylindrical blocks "C" compose the clamber which holds the beam at the section where maximum deflection has to exist. While the oscillator provides the required deflection by setting the adjustable bottom push rods "D" to the proper positions. Fig. (4) illustrates the stages through which the oscillator passes by to produce a maximum deflection of 6 mm to the beam by setting the

« METALLURGICAL EFFECT OF INTERMITTENT ARC-WELDING UPON THE FATIGUE PROPERTIES OF BUILT UP BEAMS. »

by

MAHMOUD F. ABDEL-GABER,
*M.Sc., B.Sc. (Mech. Eng.)**

& SHAWKAT A.K. ISMAIL,
*Ph.D., M.Sc., B.Sc. (Mech. Eng.)***

S Y N O P S I S

Failure of chassis of heavy duty vehicles or railways wagons during service are known to be attributed to fatigue. The main beams constructing these chassis differ in form from one design to another, but beams of channel cross-sections are the ones most commonly used than others. These beams are sometimes produced by welding two channels together to give a certain form of cross-section capable of withstanding the working conditions of the vehicle concerned. The object of this paper is to investigate the fatigue properties of beams built-up of a certain cross section from two rolled steel channel beams by means of intermittent arc welding.

Discussions on the metallurgy of Weld have been given, and in view of which the experi-

mental results obtained were analysed and were found to agree with the phenomenon put forward. The fact that the suitability of the type of cross-section to be used for the main beams in chassis of heavy duty vehicles and railway wagons can only be determined from behaviour in service leads to the following conclusion. The present laboratory tests may only serve to indicate the probable order of merit of some form of beams which could be used in chassis, and upon which the necessary road tests on actual chassis for future work may be easily planned.

It is possible that the information provided could be made use of when designing beams subjected to repeated loadings and been constructed from thin gauge steel sheets by intermittent arc welding.

• • •

Introduction

The majority of cases where failure occurred to the main beams in chassis of heavy duty vehicles or railway Wagons during service were found to be in chassis of welded cross-sections. These beams are usually built-up from thin gauge mild steel strips formed in a certain shape by means of welding. The method of welding used varies from one

industry to another, but in the present paper intermittent arc-welding was only considered.

Under service conditions these chassis are usually subjected to repeated impacts and loadings. It is hoped that the informations provided will give assistance towards finding suitable means of welding different forms of cross sections for such chassis when intermittent arc welding has to be used.

* Chief engineer of wagon section, Semaf Company, Helwan, Egypt.

** Lecturer in the Mechanical & Automotive Engineering Department, Faculty of Engineering, Ain Shams University, Cairo.

From the above it is clear that the line indicating decimal 6 will carry a high signal (160v.) only when the matrix receives the binary code group 0110 which is the binary code group equivalent to decimal 6.

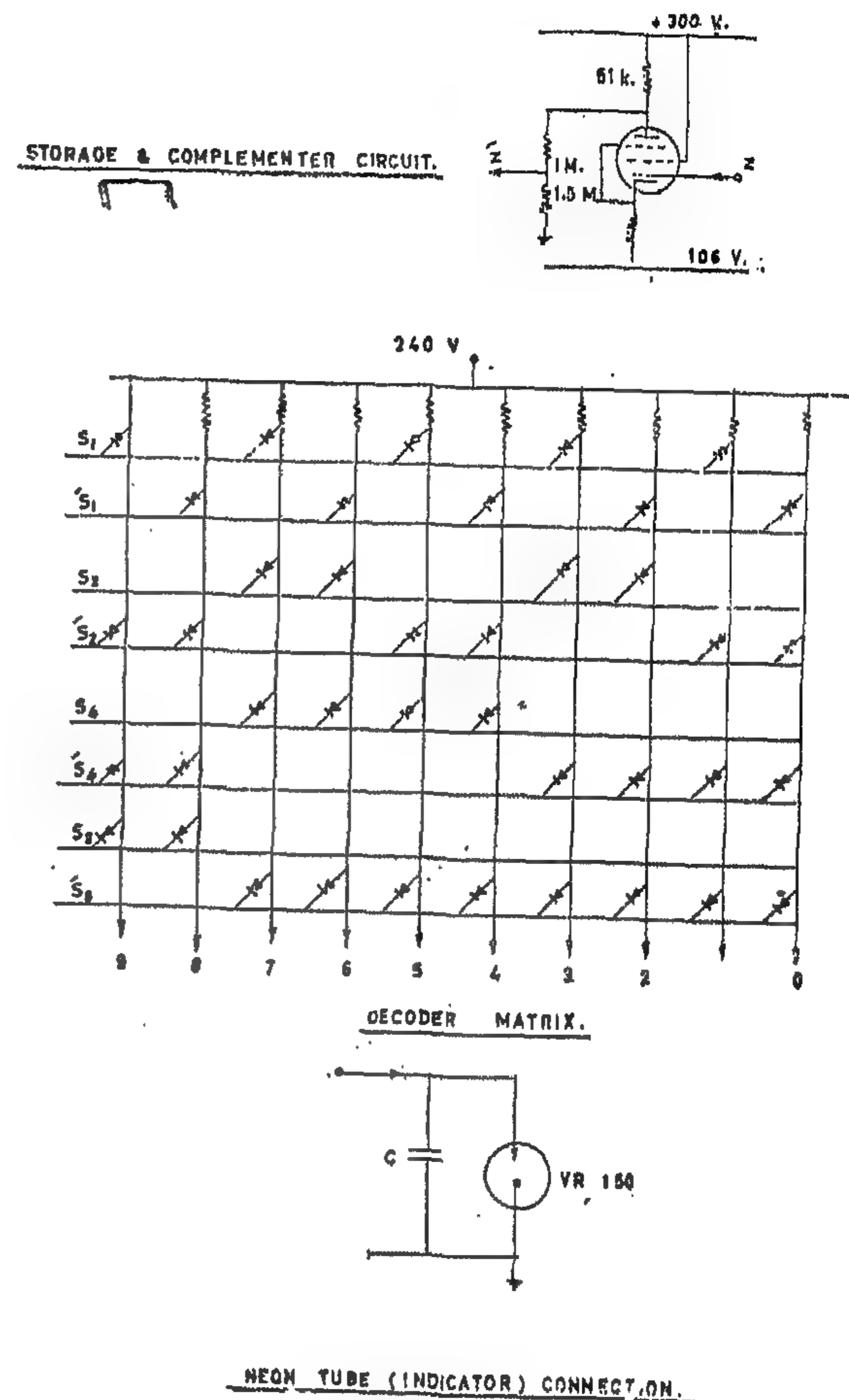
Notice that for each code group input to the matrix, only one output line will be high. This high voltage line indicates the decimal value equivalent to code group input to the matrix.

6. Indicator Lamps:

For each stage of the decimal adder, the decoder matrix delivers the sum output in the form of a decimal character represented by a d.c. voltage of 160 v. Each position of the ten output lines indicates a definite decimal character. In order to gather, the decimal digits forming the number and can read the number in the correct order, indicator lamps are used.

Neon tubes (VR 150) are used for this purpose. To each line in the output of the decoder matrix, a neon tube is connected between the line and the earth fig. (25). The neon tube (VR 150) has a B.D. voltage of 160 volts and extinction voltage of about 155 volts. Any line carrying a high signal (160 v.) will let the neon tube to bright. Thus according to the position of the brightening lamp the decimal digit in each stage of the adder is determined. The neon lamps corresponding to the different stages of the

adder, are arranged in their lay-out (positions) such that the complete number decoded in the four stages can be read in the correct order.



FIGS. (24, 25)

REFERENCES

1. Robert S. Lodley, "Digital Computer and Control Engineering". McGraw-Hill.
2. Harris, J. N.: "Introduction to the binary and octal number-systems", Lincoln Laboratory Technical Memoranda 24-40 september, 1954.
3. Caldwell, S. H.: "Switching Circuits and Logical Design", John Wiley & Sons, Inc. New York, 1958.
4. Higgonet, R. A., and R. A. Grea: "Logical Design of Electrical Circuits", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1959.
5. Felker, J. H.: "Arithmetic Processes for Digital Computers", Electronics, Vol. 26, pp. 150-155, March, 1953.
6. Gray, H. J., Jr.: "Logical Description of some digital Computer Adders and Counters", Proceedings of the I.R.E., Vol. 40, pp. 29-33, January, 1952.
7. Millman, "Vacuum-tube and Semiconductor Electronics".
8. Thomas C. Bratee, "Digital Computer Fundamentals", Lincoln Laboratory, Massachusetts Institute of Tech.
9. Milmmman, J., and H. Taub: "Pulse and Digital Circuits", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1956.

OR-Gate

The last element of those used to form the decimal adder is the OR-circuit is used in the correction circuitry of the carry output of the decimal adder as indicated in the block diagram. The inputs to this circuit are three variables, so it differ from the OR-circuit are three variables, so it differ from the OR-circuit used in the construction of the binary adder which provides only the OR-relation between two inputs.

Fig. (23) shows the circuit diagram of this OR-Gate. Three tubes with a common plate resistor connection are used to receive the three input variables. Each one of these tubes works as an inverter while the common plate resistor connection provides logical multiplication of plate outputs of the tubes. In other words the output of the common plate will be $x y z$ if x, y, z are the three input variables. Another tube is then used as an inverter for the common plate output. This last tube receives the function $(x y z)$ as an input and its output is the complement of the input i.e. $(x y z)$ which equals $x + y + z$.

This design may be applied for the OR-relation between any number of variables. For each new variable, a tube is added to the common plate resistor group. The EF50 pentode tubes are used in the OR-circuit have the same circuit components and voltage levels used in the inverter circuit.

4. Storage and Complementer Circuits :

The output of each stage of the binary-coded-decimal adder is composed of five lines. Four of these lines carry the sum output of this stage in binary code, while the last line carries the carry output (if any) of this stage. The carry output of any stage is connected as an input to the next more significant stage. The sum output lines are stored in the storage and complements circuits. These circuits receive the sum output from the adder, forms the complements of each binary bit and then deliver the binary bits of the sum output and their complements into the decoder matrix.

Each sum line, is connected as an input to

the grid of a vacuum tube. EF50 penode tube is used with its suppressor grid connected to its cathode. The circuit component and voltage levels of each tube is the same as explained in the inverter circuit. The only change is in the potential divider at the output. The potential divider is changed to give 160 volts when the tube is cut-off (binary 1) and 80 volts during conduction (binary 0). This change is made to suit the requirements of the last stage (indicators) as will be known latter.

5. The Decoder Matrix :

The decoder matrix is the circuitry which transform the binary code groups obtained from the output of the adder into their equivalent decimal digits.

Fig. (24) shows the block diagram for the decoder matrix. The input to the matrix consists of eight lines. Four lines S_1, S_2, S_4, S_8 carry the binary code group, to be decoded, while the other four lines S_1, S_2, S_4, S_8 carry the complements of the first group respectively. The output of the matrix contains of ten lines, each one indicates a definite value of the then decimal characters. Each of these output lines is connected to a source of 240v. through a resistor R . The value of the resistor R is large compared with the plate resistance of the driving circuits.

The diodes connecting the output lines into the input lines are arranged such that each output line is connected to the input lines corresponding to its equivalent code group. Any output line will carry a high signal (160 v.). If all the input lines to which it is connected, through the diodes, carry high signals. If any one of these input lines carries a low signal, the potential of the output line will drop to the same low voltage.

For instance, in the diagram shown, the output line indicating the decimal number 6 will never be high unless, the following conditions are justified.

$$\begin{array}{lll} S_1 = 1 & \text{i.e.} & S_1 = 0 \\ S_2 = 1 & & S_2 = 1 \\ S_4 = 1 & & S_4 = 1 \\ S_8 = 1 & & S_8 = 0 \end{array}$$

utilized in the construction of the half-adder using standard gates. Comparing this value with our design which utilizes only 6 grids, great economy is realized. Notice that, the half-adder circuit is repeated 48 times in the decima ladder.

Full Binary Adders :

The Boolean expression which gives the relationships between the input and the output of the full adder is as follows :—

$$\text{sum (s)} = x y c + x y \bar{c} + x \bar{y} c + x \bar{y} \bar{c}$$

$$\text{carry (C}_{\text{out}}) = x c + x y + y c$$

There are many methods for the realization of these expressions. The method used here is the construction of the full binary adder from two half-adders and an OR-circuit.

Fig. (13) shows the block diagram of a full binary adder consisting from two half-adders and an OR-circuit. The design of the half-adders is explained before.

The following shows the design of the OR-circuit :—

The OR-circuit is used to generate the carry output of the full-adder. The inputs to the OR-circuit are the two carry outputs one from each half-adder. Fig. (21) shows the circuit diagram of the OR-circuit. Three vacuum tubes (EF50) are used. The first two tubes are connected to operate as completing triode circuit. The input to one tube is the carry output (C_1) from one half-adder, while the input to the other is the carry output (C_2) from the second half-adder. These outputs are connected as inputs to the third pentode tube ; one to the control grid and the other to the suppresser grid. According to the characteristics of pentodes used as switching elements the output of this last tube is

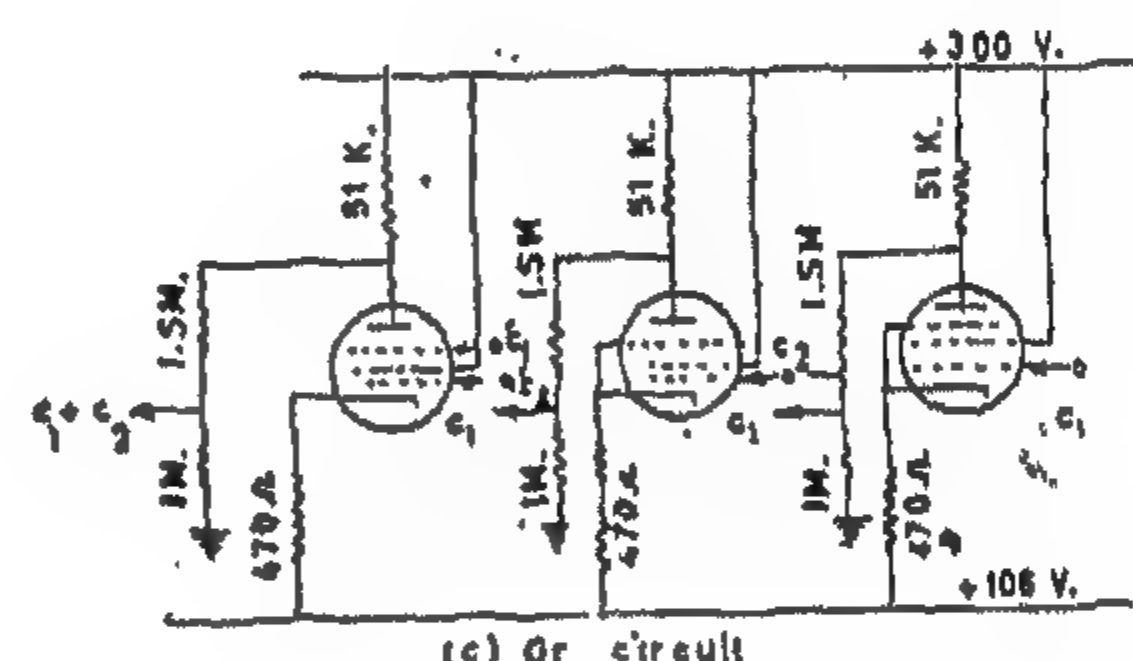
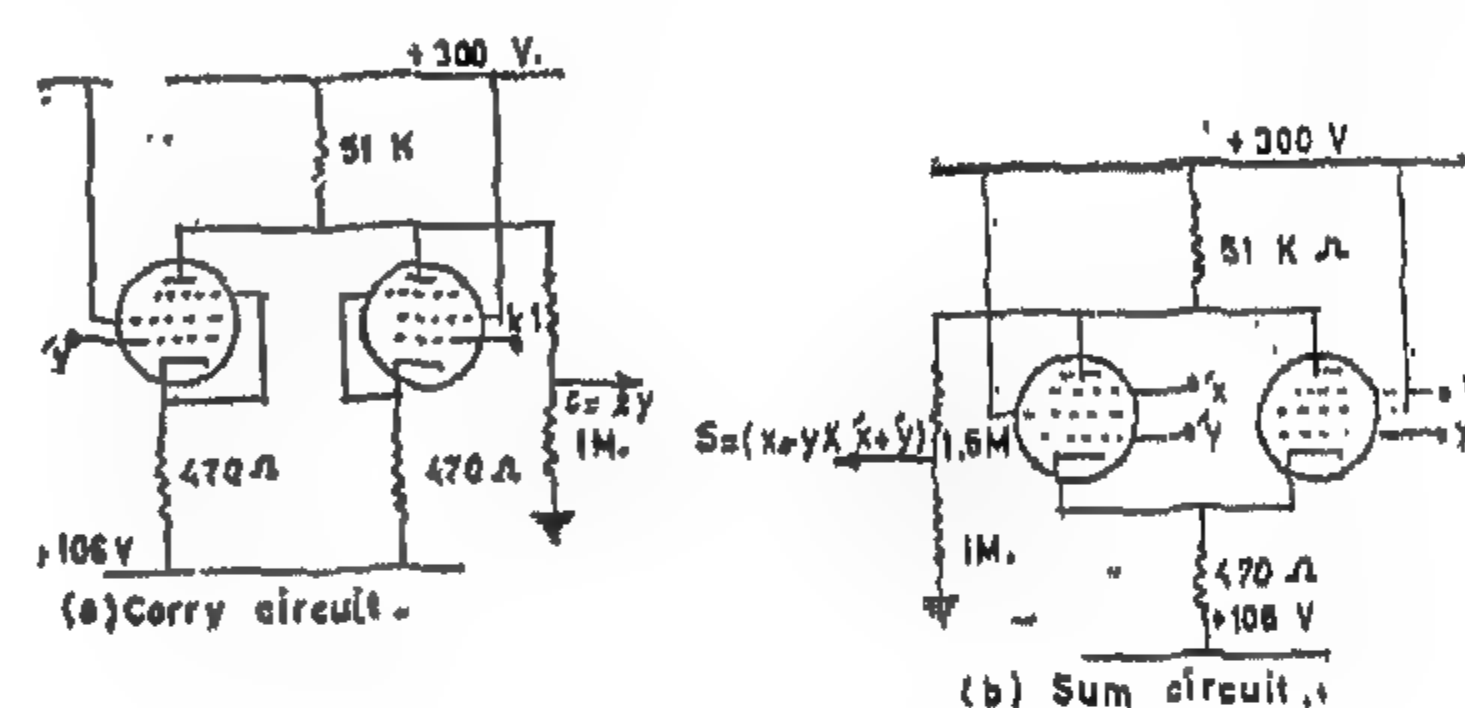
Output (C) = C_1, C_2 which realize the OR-relation between the inputs C_1, C_2 .

The circuit components and the current and voltage calculations of each tube circuit is the same as that of the inverter circuit explained before.

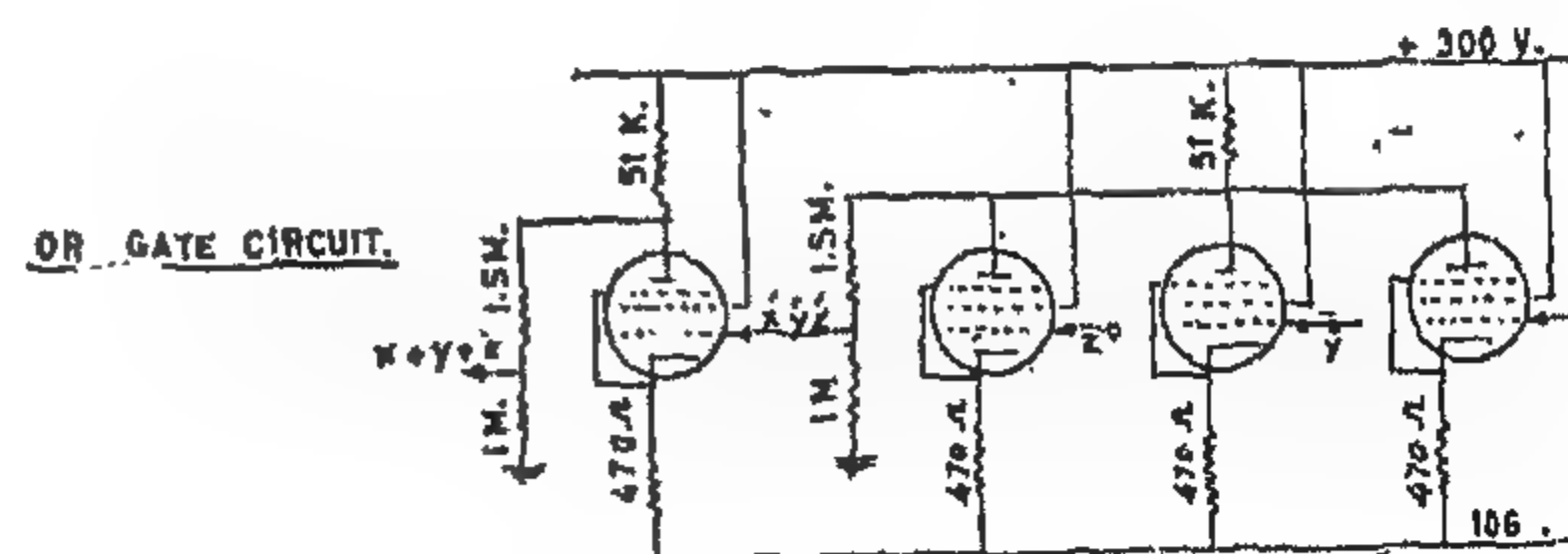
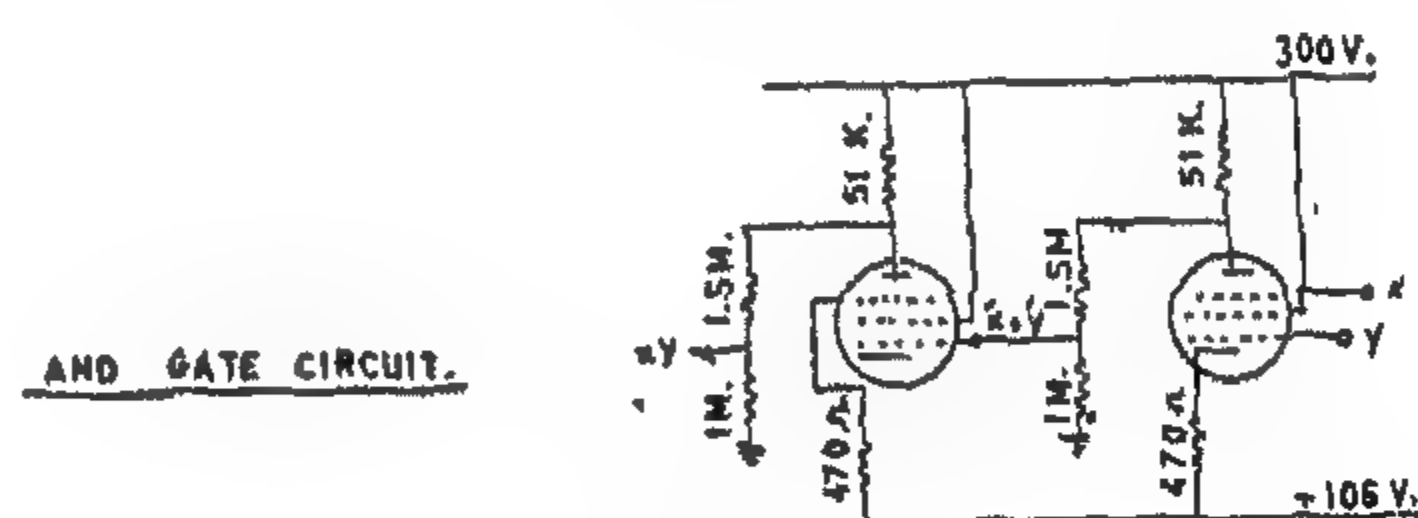
AND-Gate

The Boolean expression for the AND-relation between two inputs x, y and the output z is given by : $z = x y$.

Fig. (22) shows two pentode tubes (one pentode and one triode may be used) connected to realize the above relation. The inputs to the circuit are x, y to the first pentode. According to the switching function of pentode tubes, this tube will conduct only when x, y are high signals and hence the output of this tube is $x + y$. This output is connected as input to the second tube which



FULL BINARY ADDER CIRCUITS.



FIGS. (20, 21, 22, 23)

is connected as a triode inverter circuit. The output of the inverter is $(x + y) = x y$.

EF50 vacuum tube pentodes are used with the same circuit components and voltage levels as mentioned in the inverter circuit.

The table of combinations of the two tubes is as follows :—

Table for combination for two pentodes connected to generate the sum

Inputs				Output
x	y	\bar{x}	\bar{y}	
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	1	0	0	0

a 1 represents the high level signal

a 0 represents the low level signal

Applying the standard "Sum-of-products" theory, then the output can be expressed by : output (z) = $xy + \bar{x}\bar{y}$. The application of the standard product-of-sums theorem gives the expressions : $(z) = (x + y)(\bar{x} + \bar{y})$.

Thus it is clear that such connection of the two pentode tubes generates the sum output of a half-adder.

Fig. (20-b) shows the circuit diagram of two pentode tubes with a common plate resistor to generate the carry. Here the suppressor grid of each pentode is connected to its cathode and not utilized. In other words triode valve may be used.

The inputs to circuit are x, y applied to the control grids as shown. The output of each tube is the complement of its input, while the common plate resistor permits the logical multiplication of the two. The output of the circuit can be expressed as :

Output (z) = $x.y$ which is the Boolean expression for the carry output of a half-adder.

The electronic components, current and voltage calculation for each tube in the sum and carry circuits are the same as those for inverter circuit described before.

From the above logical design of the binary half-adder, it is clear that only two pentodes

and two triodes (pentodes connected as triodes) are needed to construct the half-adder. That is to say 6 grids are sufficient to realize the half-adder function.

Adders consisting of standard gates (AND-gate, OR-gate, complement gate) are the common features of adder design. From the economic point of view, the logical design used here is much more economical than standard gates adder design. In the following a comparison is made between the two methods :—

Consider the Boolean expression for the sum output of a half-adder in the sum-of-product forms : $s = xy + \bar{x}\bar{y}$. Using flip-flop circuits as storage elements in which the variables are available together with their complements, two AND Gate and one OR-gate are needed to realize the sum relation.

The AND-gate is built using either one pentode and one triode or three triodes. That is to say three grids are required for the OR-circuit. Thus 9 grids are necessary to construct the sum circuit of the half-adder.

With the same procedure we can calculate the number of grids required to construct the carry circuit of the half-adder to be three grids only.

The final result is that twelve grids are

4. The Binary-Coded-Decimal Adder :

Fig. (19) shows a block diagram for one stage of the adder. There are eight input variables to the adder. The four input variables which represent the binary bits of the addend decimal digit are designated x_1 through x_4 . The other four represent the augend and are designated y_1 through y_4 . Each of these inputs represent either 0 (50V.) or 1 (106V.) during addition. The adder shown in the fig. consists of four binary full-adders, at the top, which perform base 10 addition. Therefore in order to determine what are the required features in the design of the decimal adder, let us examine the possible totals :—

For sums (N) 0—9 the addition is ordinary and requires no change.

For sums N 9 means must be provided in order to correct the sum and provide for the carry output (C_{out}).

To correct the sum, we have to add 6 and subtract 16. Then for $N \geq 9$ $= (N + 6 - 16) = (N - 10)$ which is correct. Thus all that required, to correct the sum, is to add 6 whenever the sum is greater than 9.

To provide for the carry output (C_{out}), it is clear that a carry is required whenever the sum is greater than 9. In other words, when there is a carry from the highest order binary adder (N 16), or when there is eight, and either two or four, on the sum lines of the binary adders.

The circuitry used for the correction of the sum is shown in the lowest part of fig. (19), in which 6 is added to the sum lines by the use of the two half-adder and the full adder and 16 is subtracted by ignoring the last carry

The correction for the carry is provided by the two And-circuits and the OR-circuit, shown to the left of the diagram.

The block diagram of the decimal adder consists of the following parts :—

Binary full-adders — binary half-adders — AND-gates — OR-gates.

In the following are the construction and complete design of these parts.

Half-adder

The half-adder consists of a gating circuitry which performs the addition of two binary digits. The Boolean expression describing the input-output relationships for the half-adder are as follows :—

$$\text{sum (s)} = (x+y) \text{ or } S = xy + \bar{x}\bar{y} \\ \text{carry (c)} = xy.$$

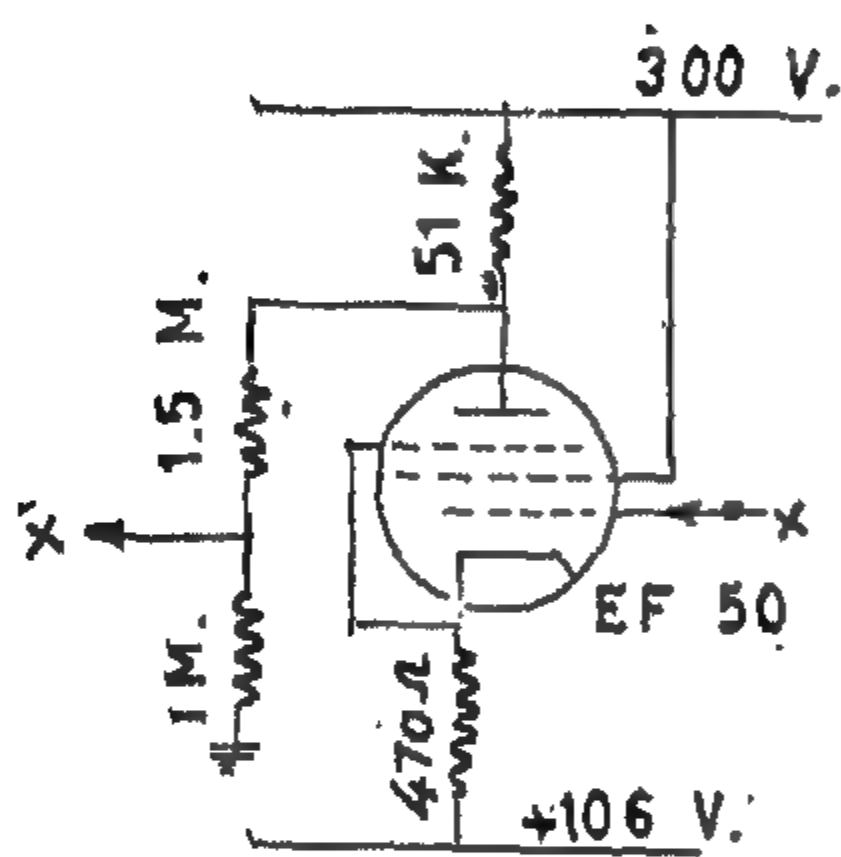
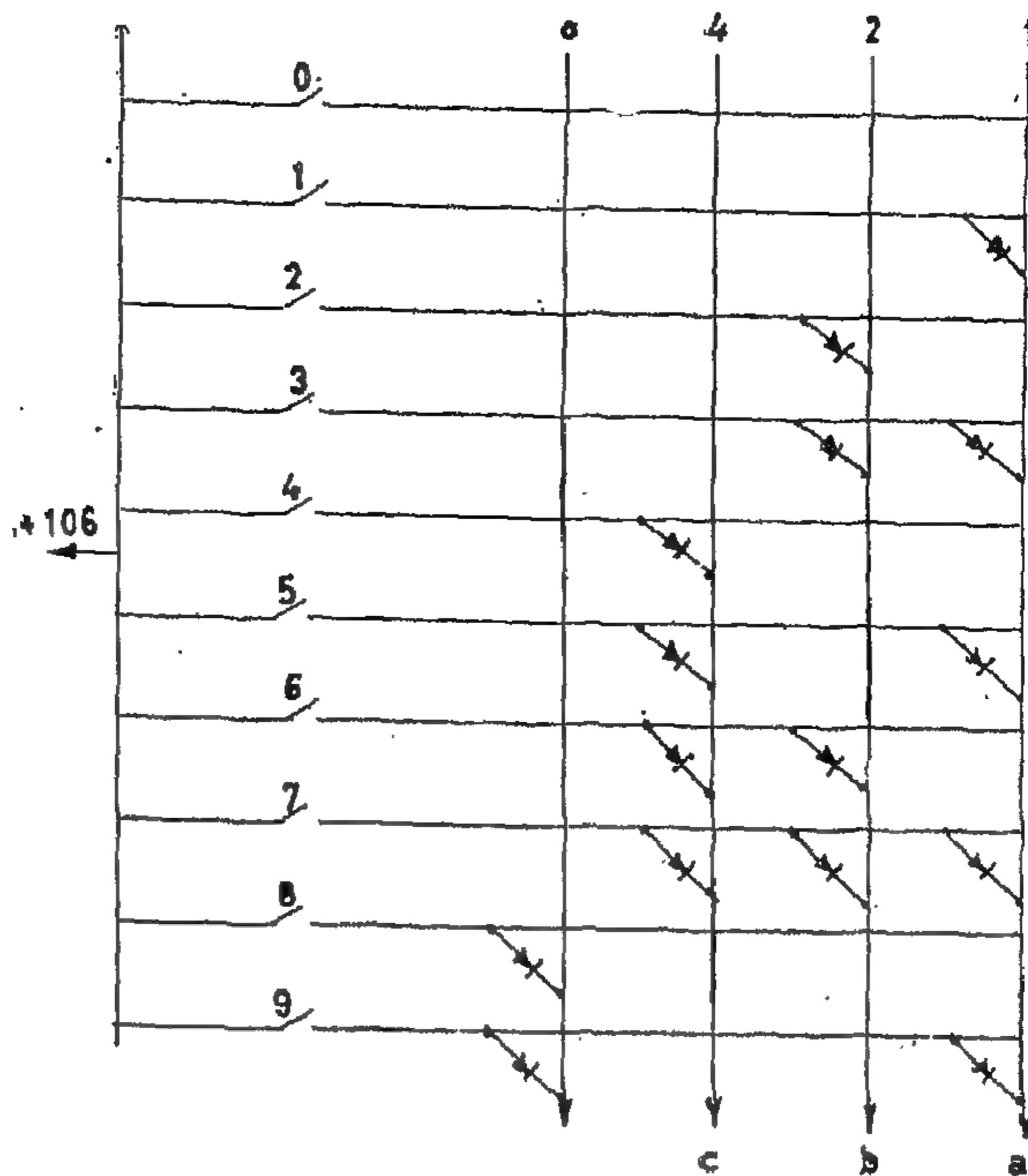
where x and y designates the addend and the augend digits respectively.

We have seen the logical design of the half-adder using standard gates. Here we shall see a design which depends directly on the characteristics of the vacuum tubes to realize the Boolean expression of the half-adder. This method provides economy in the electronic components needed.

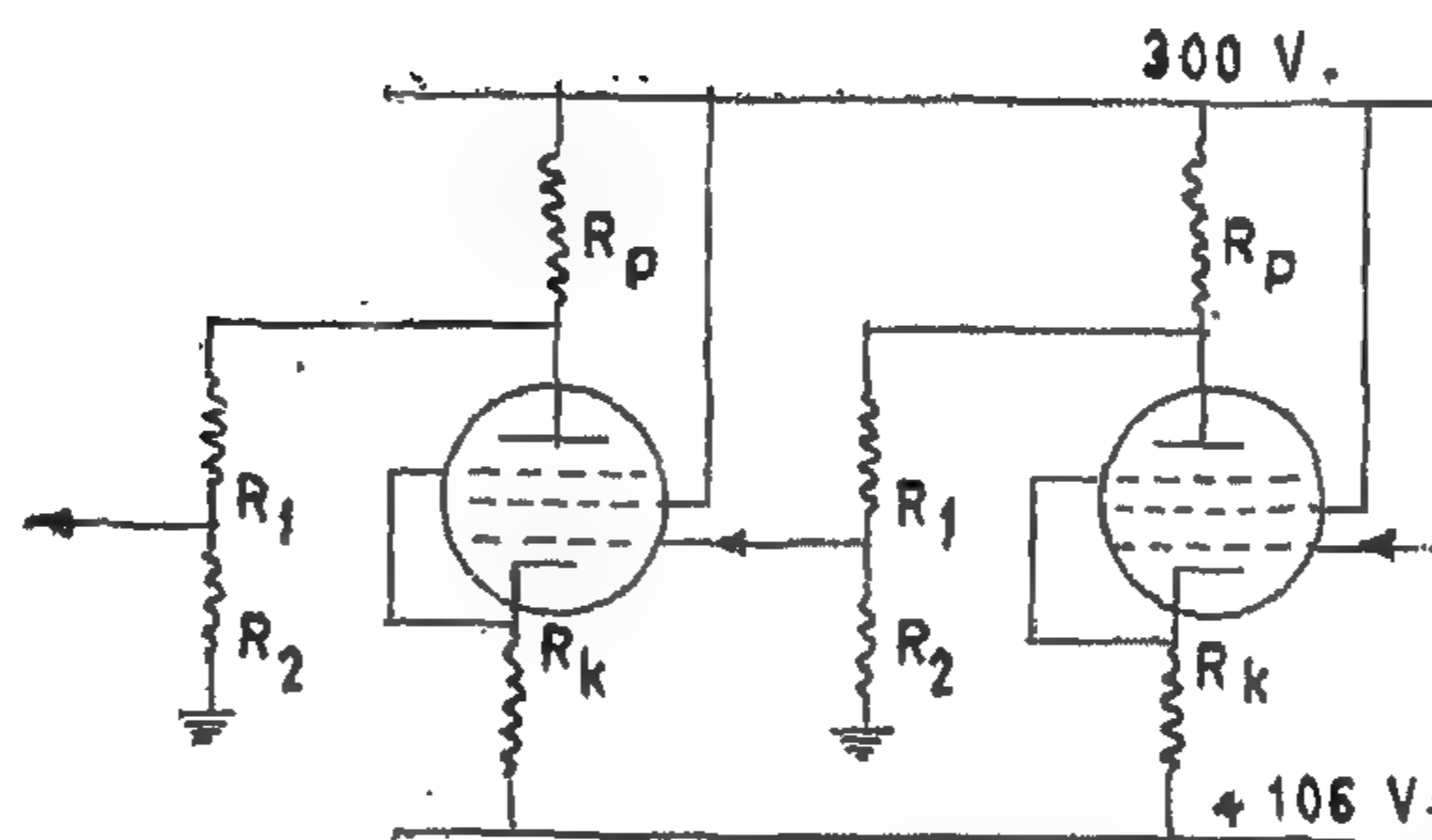
Fig. (20) shows the circuit diagram of the half binary adder. Four EF50 pentode tubes are used. In fig. (20-a) two pentode tubes are connected with common plate resistor to generate the sum. The operational conditions of this circuit are as follows :—

If simultaneous high input signals are applied, one to the control grid and the other to the suppressor grid of any tube, this tube conducts and a low voltage level is obtained at its plate. If any one of these input voltage is low, the tube will be a cut off condition and its plate voltage will be high. Let the input signals to one tube be designated by x, y while \bar{x} , \bar{y} , the complements of x, y, are applied to the second tube.

INCODER MATRIX

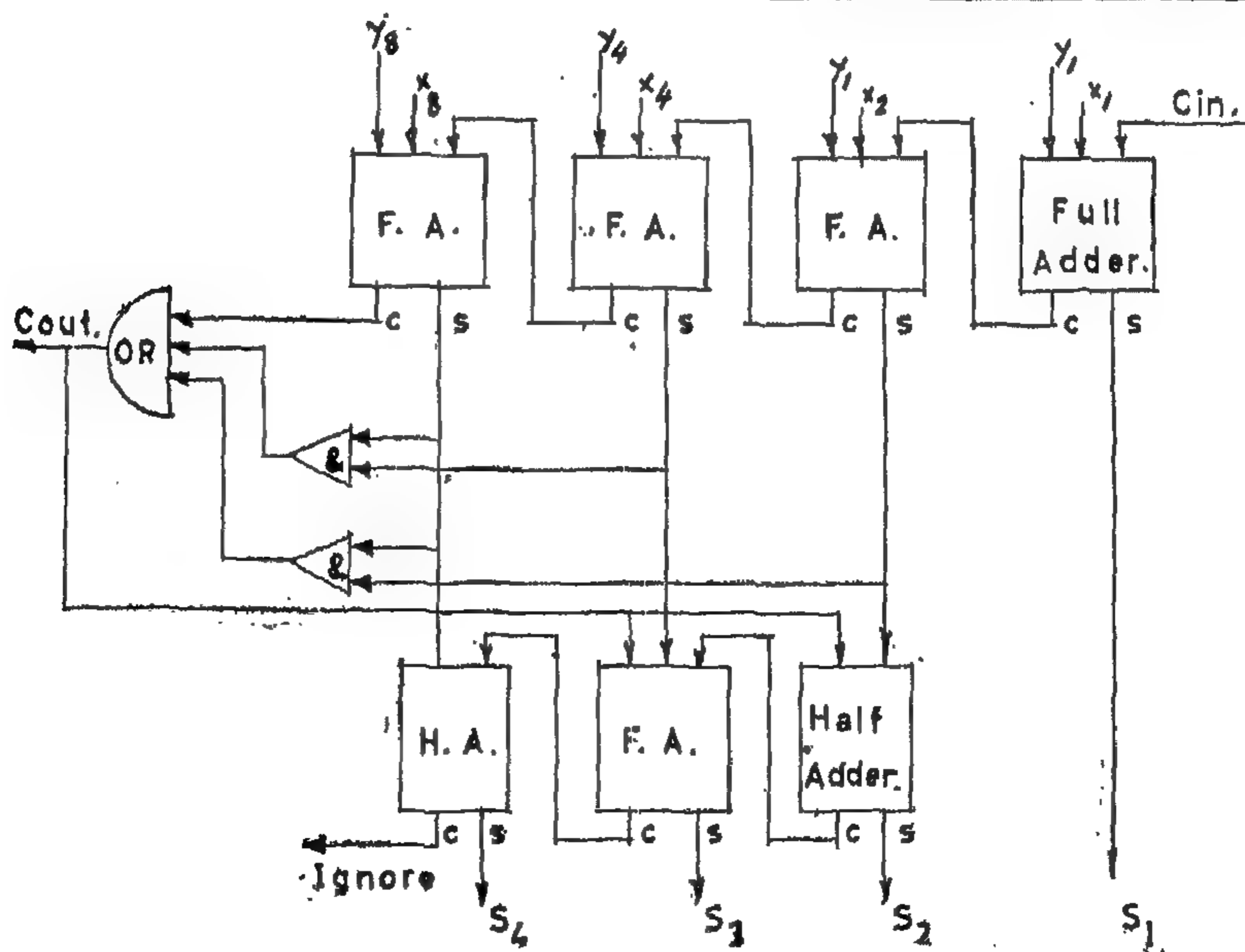


INVERTER CIRCUIT.



$R_p = 51 \text{ K.}$
 $R_k = 470 \Omega$
 $R_1 = 1.5 \text{ M.}$
 $R_2 = 1 \text{ M.}$

STORAGE AND COMPLEMENT GENERATOR CIRCUIT.



BINARY - CODED - DECIMAL ADDER.

symmetrical incoder matrices are needed, one for the x and the other for the y .

Fig. (15b) shows the circuit diagram for the incoder matrix. The input to the matrix is any one of the decimal character from 0—9. The output from the matrix is the binary equivalent of the input decimal character. Since any decimal digit is represented by four binary bits, the output of the matrix consists of four lines. We have used the representation that +106V. d.c. level to represent the binary bit 1 and (0—5) V. d.c. level to represent the binary bit 0. For feeding any decimal digit (0—9) to the adder, just press the key indicating that character and the connection of the diodes in the matrix provides the translation of any decimal digit into its equivalent four binary bits. Since we use the weighted 8, 4, 2, 1 binary code, the binary equivalence of the ten decimal characters will be as written before.

For instance if we press the key indicating 6, an output signal (+106 V.) will appear on each of the output lines b and c, lines a and d will have no signal (0—5 V.). Thus the code group obtained, at the output of the matrix, is 0110 which is the binary equivalent of the decimal digit 6.

In the construction of such matrices, diode crystals are commonly used for they are used in great numbers and the current required for the heating of the thermionic vacuum diodes may reach hundreds of amperes. For the lack of such crystals in our possibilities, for the time being, thermionic diodes are used. VR 54 (double diode) with their filaments connected in series-parallel groups are used. The filament groups are arranged such that we can use the 220 V. supply directly without need for using transformers and also to eliminate the value of the heating current required.

3. Storage and Complement Generator Stage :

This stage is necessary, since the type of adder constructed requires for its input the binary bits together with their complements.

This stage receives the input from the incoder matrix, forms the complement of each variable and then delivers the inputs and the complements to the adding stage (decimal adder).

This stage consists of two vacuum tubes for each binary bit of the input (fig. 16). The first tube receives the binary bit from the incoder matrix as an input to its grid. The plate output of the tube represents the complement of the input, i.e. the tube works as an inverter circuit. If one designate the input to the tube by x_1 the output will be the output will be \bar{x}_1 the complement of x_1 . The two operating conditions of inverter circuit are as explained before. The circuit diagram of the inverter circuit is shown in fig. (17). EF 50 pentode is used. The circuit components are shown in the diagram. The H.T. voltage is 300 V. while the cathode is connected to a potential of +107 volts through a biasing resistor of 470 ohm. The plate current corresponding to a plate load of 51 K. ohm and -2 volts grid-to-cathode bias is about 3.55 m.a. obtained from the plate characteristic.

When the tube receives a high input signal +106 V. it conducts and the plate potential drops to $300 - 355 \times 51 = 120$ V.

When the tube receives a low input signal (0—5 V.) the tube will be in cut off condition and the plate voltage is 300 V. These two voltage levels is changed through the potential divider into 50 volts when the tube conducts and 106 volts when the tube is cut off.

Since it is preferable to use constant voltage levels to represent the two binary bit through the adder, the second tube is used to correct the voltage levels. 106V. are used to represent 1 and about 50 to represent 0. The voltage levels at the output lines of the incoder matrix are +106 V. and (0—5 V.). The input to the second tube is the output of the first inverter (\bar{x}_1) which is either 106 V. or 50 V. The circuit components of this tube is the same as that of the first. The output of the tube is the "complement of" \bar{x}_1 i.e. x_1 but with voltage levels either 106 V. or 50 V.

works on binary-coded-decimal representation of numbers and uses the weighted binary code 8, 4, 2, 1. In this adder the data or numbers are transmitted in parallel, i.e. all the bits of the operation and number are fed into the adder at the same instant. The numbers are fed into the adder in decimal form, while the arithmetic operation (addition) is performed on binary-coded-decimal number system. Therefore incoder matrices for decimal to binary transformation are needed. In the same time decoder matrices for binary to decimal transformation are needed at the output to enable the delivering of the output result in decimal form.

Fig. (15a) shows the block diagram for the circuits needed. This diagram consists of the following .

1. Input unit.
2. Incoder Matrix for decimal-to-binary transformation.

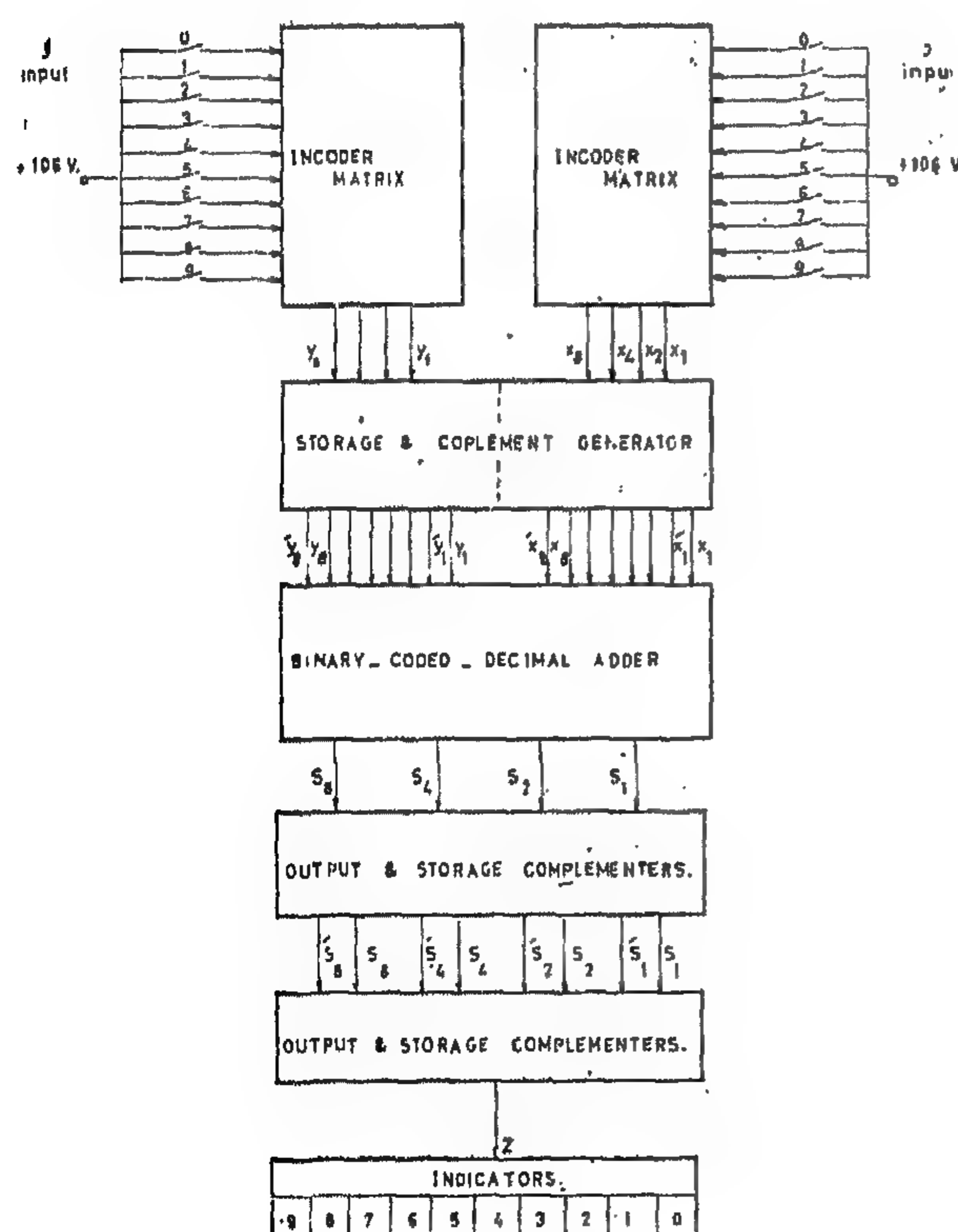


FIG. (15-a)

Block-Diagram of a binary-coded-Decimal Adder.

3. Storage and complement generator stage to store the signals representing the input binary numbers and generate its complement. This storage will drive the adding circuits.
4. The binary-coded-decimal adder for adding one decimal digit of the addend to the corresponding one of the augend number.
5. Storage and complementer circuits which will receive the results from the adder and forms their complements. These circuits will drive the decoder matrix.
6. Decoder Matrix which transforms the result from the adder from the binary to the decimal system.
7. Indicator lamps to translate the output, which is in the form of electrical signals, into a physical indication (light) from which the output result can be read directly.

The circuits illustrated in the block diagram are capable of performing the addition process on one decimal digit as addend number and one as augend. Since the capacity of our adder (work length) is four decimal digits for each of the numbers to be added, the mentioned block diagram is repeated four times.

In the following we shall see the construction and design of all the parts of the system :

1. Input :

The numbers are feed into the system by means of 10 keys connected from one side to a common supply (+ 106 v.) and connected from the other side to ten lines. Each key with the corresponding line indicates one digit of the ten decimal digits. The lines are connected to the incoder matrix, fig. (15).

2. Incoder matrix :

This part is used for decimal-to-binary transformation. Let the letters x, y designate the decimal digits to be added. The letter x for the added and y for the augend. Two

From the table, one can derive the Boolean expressions for the input-output relationships. These expressions are as follows:—

$$s = \bar{x}\bar{y}c + \bar{x}y\bar{c} + x\bar{y}\bar{c} + xyc$$

$$c_o = \bar{x}yc + x\bar{y}c + xy\bar{c} + xyc$$

The expression for c_o may be simplified using Boolean theorems into:

$$c_o = xc + xy + yc$$

Another expression for the sum which may be derived from the table, in the product-of-sum form, is as follows:—

$$s = (x + y + c)(x + \bar{y} + \bar{c})$$

$$(\bar{x} + y + \bar{c})(\bar{x} + \bar{y} + c)$$

There are many logical designs for the full binary adders. In these designs, standard gates are used to realize the above expressions in an economical way.

Half and full-adder relationships:

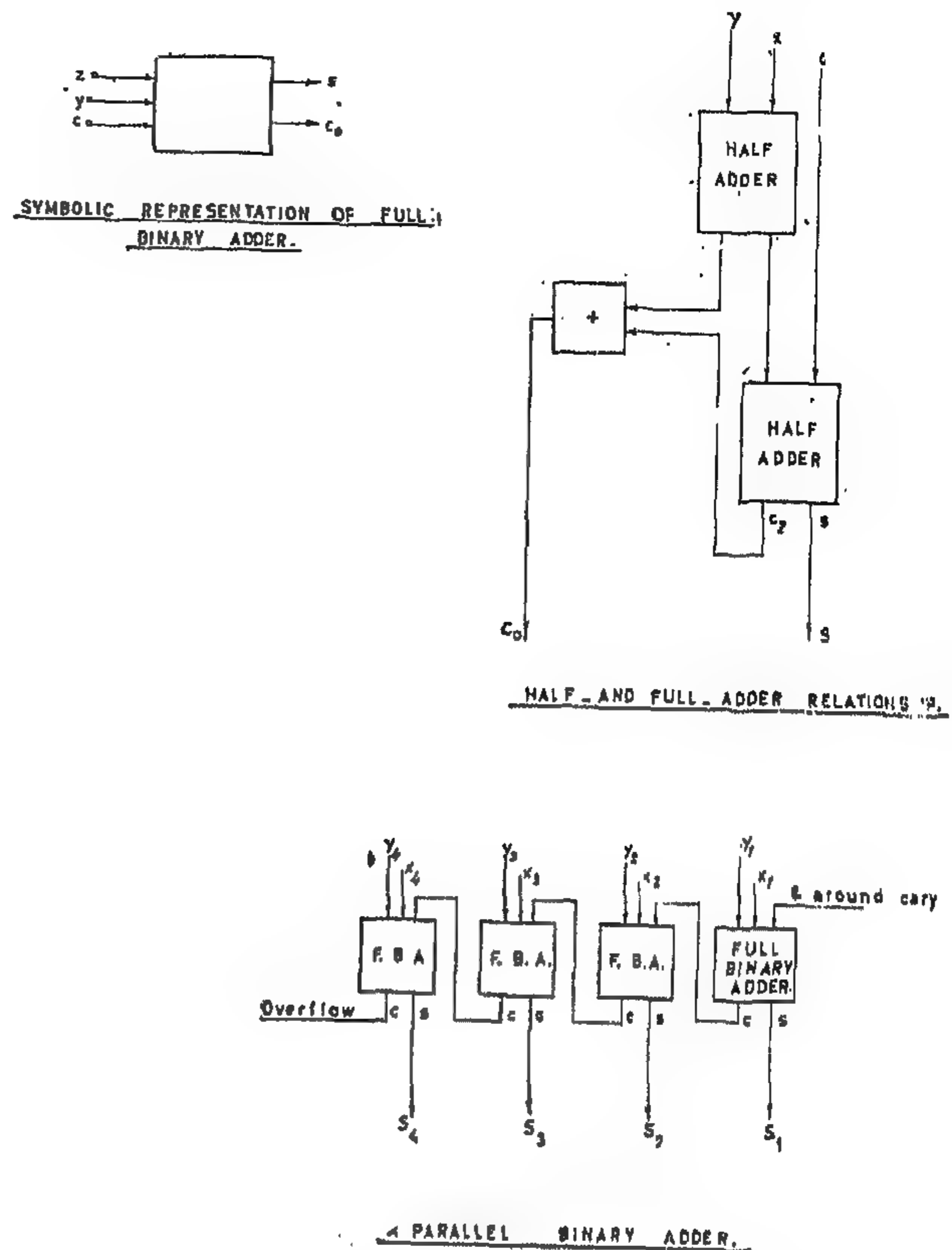
A full adder may be constructed of two binary adders and an OR-circuit. The OR-circuit is not important from the practical point of view, but it is necessary from a logical point of view. The block diagram of this arrangement is shown in fig. (13).

A Parallel Binary Adder:

The full binary adder, explained before, adds two binary bits together. In order to add two binary numbers each consisting of a number of binary bits, full binary adders have to be connected such that the carry from any stage is connected as an input to the stage of higher order. A 4-bit parallel binary adder is shown in fig. (14). The bits of the addend number are designated by x_1 through x_4 and those of the augend by y_1 through y_4 .

The Decimal Adder:

In most computers, the input data are in the decimal form. The actual arithmetic, inside the computer, is performed in the binary code. For this reason most computers work in the binary-coded-decimal representation of numbers. In the binary system the addition



FIGS. (12, 13 and 14)

is carried out either in serial form or in parallel form while in the binary-coded-decimal system, numbers may be represented either serial or parallel or in the series-parallel representation. For instance the decimal number 658 written in the binary-coded-decimal form will be 0110 0101 0011. Each group of 4-bits represents a decimal digit. In the series-parallel system, each code group representing a decimal digit is handled as a unit, that is in parallel, while these groups are handled in parallel.

Decimal adders working on binary-coded-decimal representation of numbers need external equipments to change the decimal numbers into their equivalent binary code groups and vice versa.

Complete design of a Parallel Decimal Adder

In the following, the design of a parallel decimal adder will be shown. This adder

numbers or words to change them, or combine them, according to given rules. The most important operations done by the arithmetic unit are: addition, subtraction, multiplied arithmetic operations can also be carried out by the arithmetic unit.

Addition is the basic arithmetic operation because the other operations can be performed by the use of adding circuits with some control. For this reason, some stress will be given to the adding circuitry which are called adders.

The Binary Half-Adder:

Half-adder is the adding circuitry which is capable of adding two binary bits. The symbolic representation of the half adder is as shown in fig. (10).

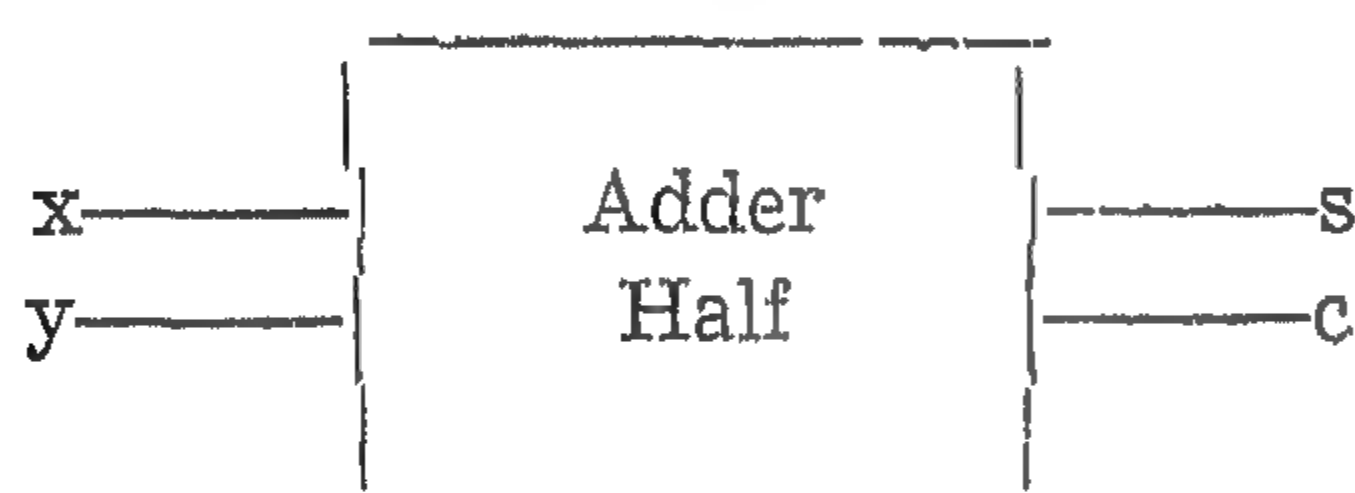


Fig. (10)

Symbolic representation of a half binary adder.

There are two inputs designated as x , y and two outputs s , c . The half adder performs the binary addition operation for the two binary input variables x , y . It performs "arithmetic addition" not logical addition.

The binary addition relationships between

the input variables and the output mentioned before, can be expressed by:

$$\begin{aligned} \text{Sum } (s) &= xy' + x'y \quad \text{or} \quad s = (x+y)(x'+y') \\ \text{carry } (c) &= x \cdot y \quad \quad \quad c = x \cdot y \end{aligned}$$

These expressions may be constructed in number of ways as illustrated in fig. (11). The input to the circuit contains the variables and their complements. If these complements are not available inverters have to be used.

The full Adder:

The half adder performs the binary addition of two binary bits. It fails to add binary number, each composed of a number of binary bits, because there is not input to the half adder for carries generated by the previous bits. In the full adder there must be three inputs to each stage of the parallel adder, except for the stage of the least significant bits. One of these inputs is for the addend, the second for the augend and the third for the carry which might be generated from the previous stage. The block diagram symbol for a full binary adder is shown in fig. (12). The three inputs are x and y , which are the respective addend and augend digits, and c which is the carry generated from the previous stage. The two outputs are: (s) which is the sum output and c_o which is the carry has to be added to the next stage.

According to the binary addition rules, the table of combination for the input-output relations for the full is as shown. (Table.)

Table of combination for a full binary adder

Input			Output	
x	y	c	s	C_o
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

tube diodes are excellent in rectifier gates, they are displaced by germanium and silicon rectifiers.

When a vacuum tube is used as a switching device, it is operated such that, when high input voltage applied to the grid or grids, the plate current takes a value near saturation and when low input voltages are applied, the tube is cut-off. Under these conditions the tube will not be sensitive to small variations in the amplitude of the signals representing "1" and "0" states.

Complementation may be obtained directly by a single triode, as shown in fig. (3). When high voltage is applied to the grid, a high plate current will flow and the plate voltage will drop and hence the output voltage will be low. When a low input signal is applied to the grid, the tube will cut-off, the plate voltage will be high and so the output voltage. The potential divider R shown is used to permit adjusting the magnitude of the output voltage w.r.t. ground.

Triodes may be used so that their plates are connected through or common plates resistor R_p , which is made large relative to the tube plate resistance, fig. (4). If a high signal is applied to the grid of any tube this tube will conduct and the plate voltage will be low. Only if both input voltages are low, both tubes will be cut-off and the plate voltage will be high. If the inputs are denoted by x , y and the output by z , then this switching relation is given by: $z = x^- y^-$.

Thus all the three basic gates can be realized using triode tubes as shown in fig. (5).

A pentode gate is shown both by circuit diagram and by symbolic representation in fig. (6). Physically, the pentode is cut-off if either or both of its input voltages are low, and conducts only if both input voltages are high. This switching function of the pentode may be written as: $z = x^- + y^-$ where x and y are the inputs to its grids and z is the plate output.

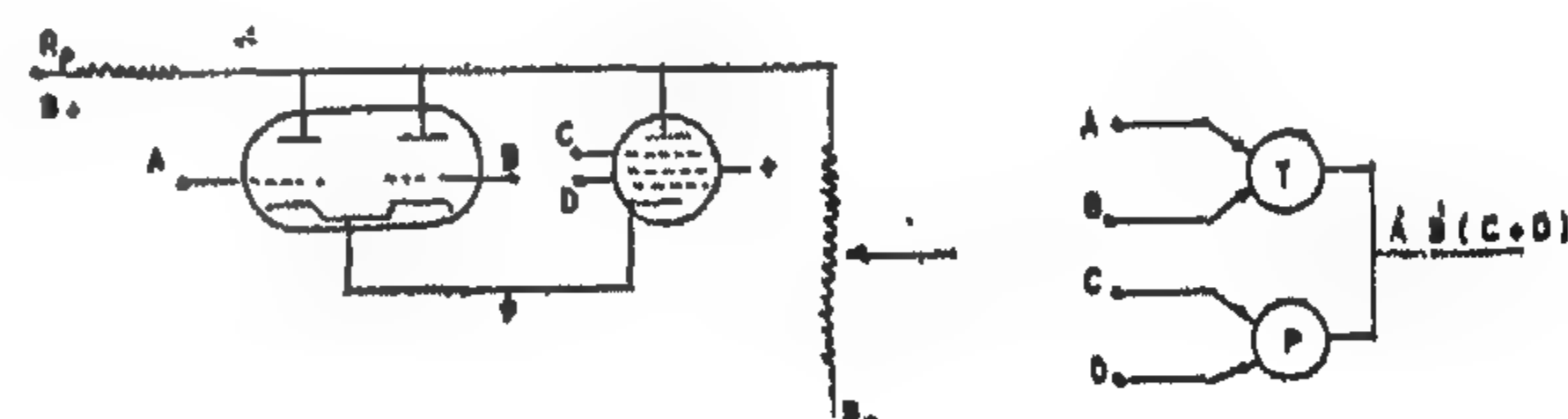
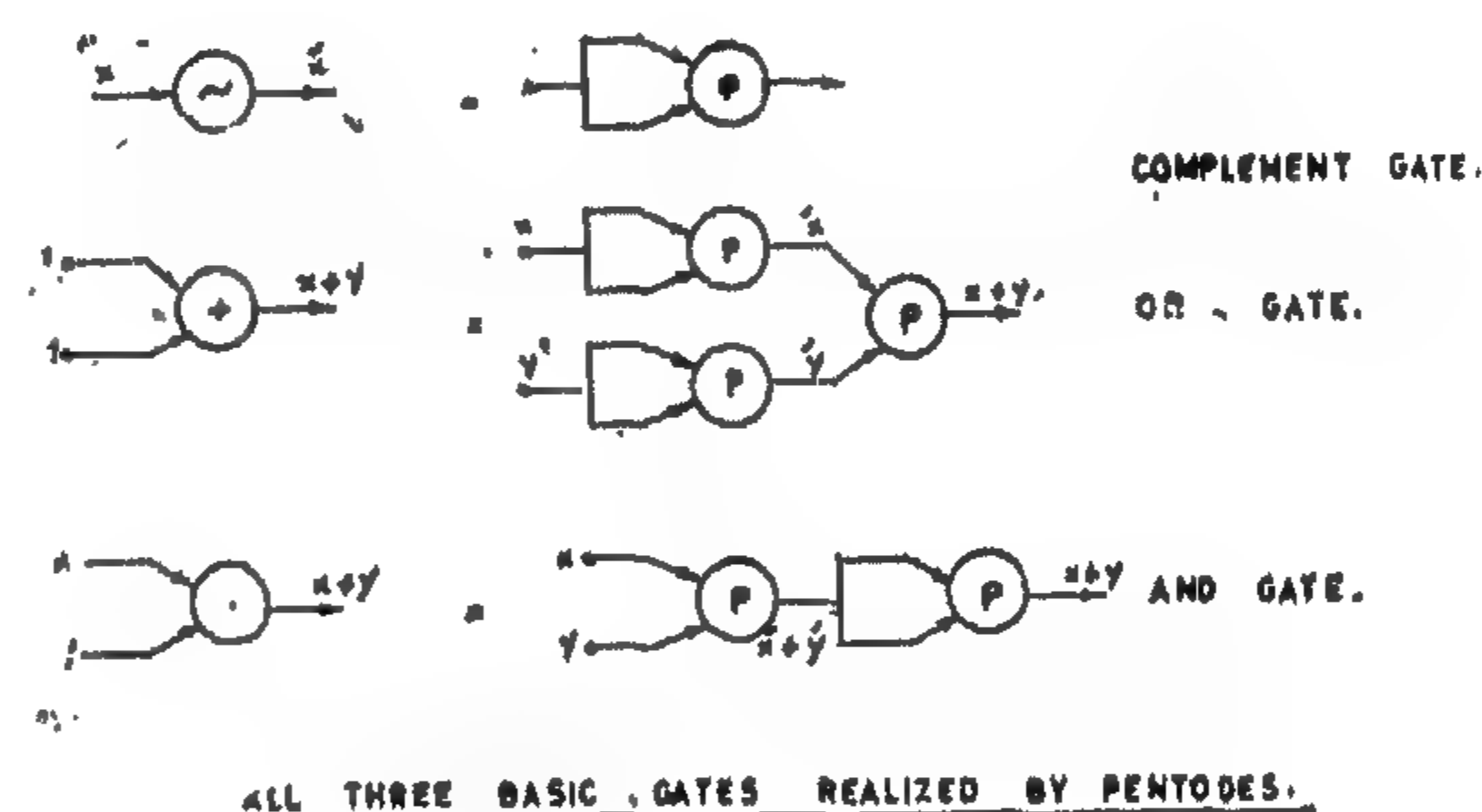
A number of pentodes may be connected to operate with a common plate resistor as

shown in fig. (7). If either or both pentodes conduct the output voltage will be low. By this connection, the output will be the products of the outputs of the individual pentodes when operated with separate plate resistor. Fig. (8) shows that all three basic gates can be constructed by using pentode gates alone.

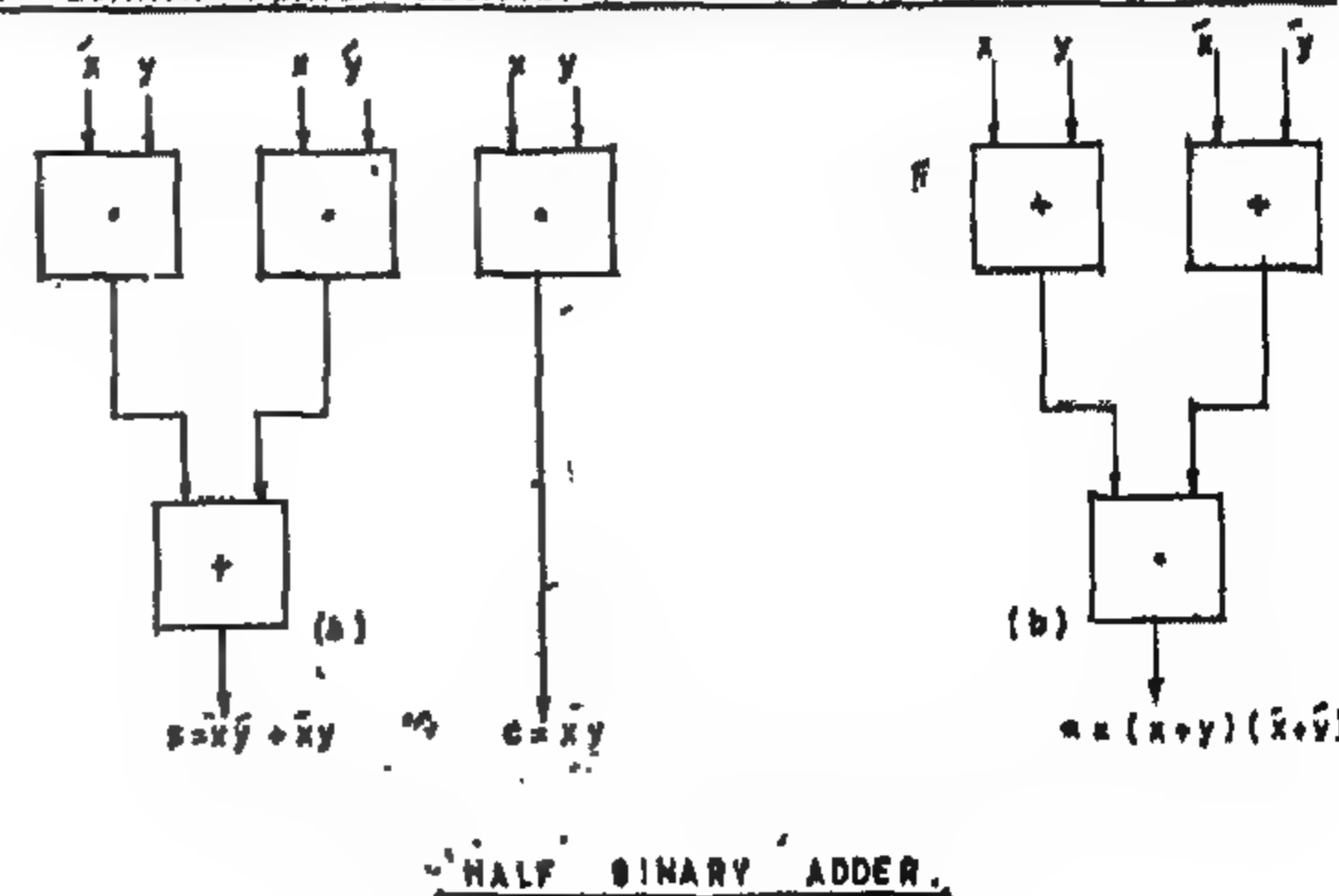
Triodes and pentodes may be connected together with a common plate resistor as shown in fig. (9). Still the multiplication property of the common plate resistor is applied to the outputs of the individual elements with separate plate resistors.

THE ARITHMETIC UNIT

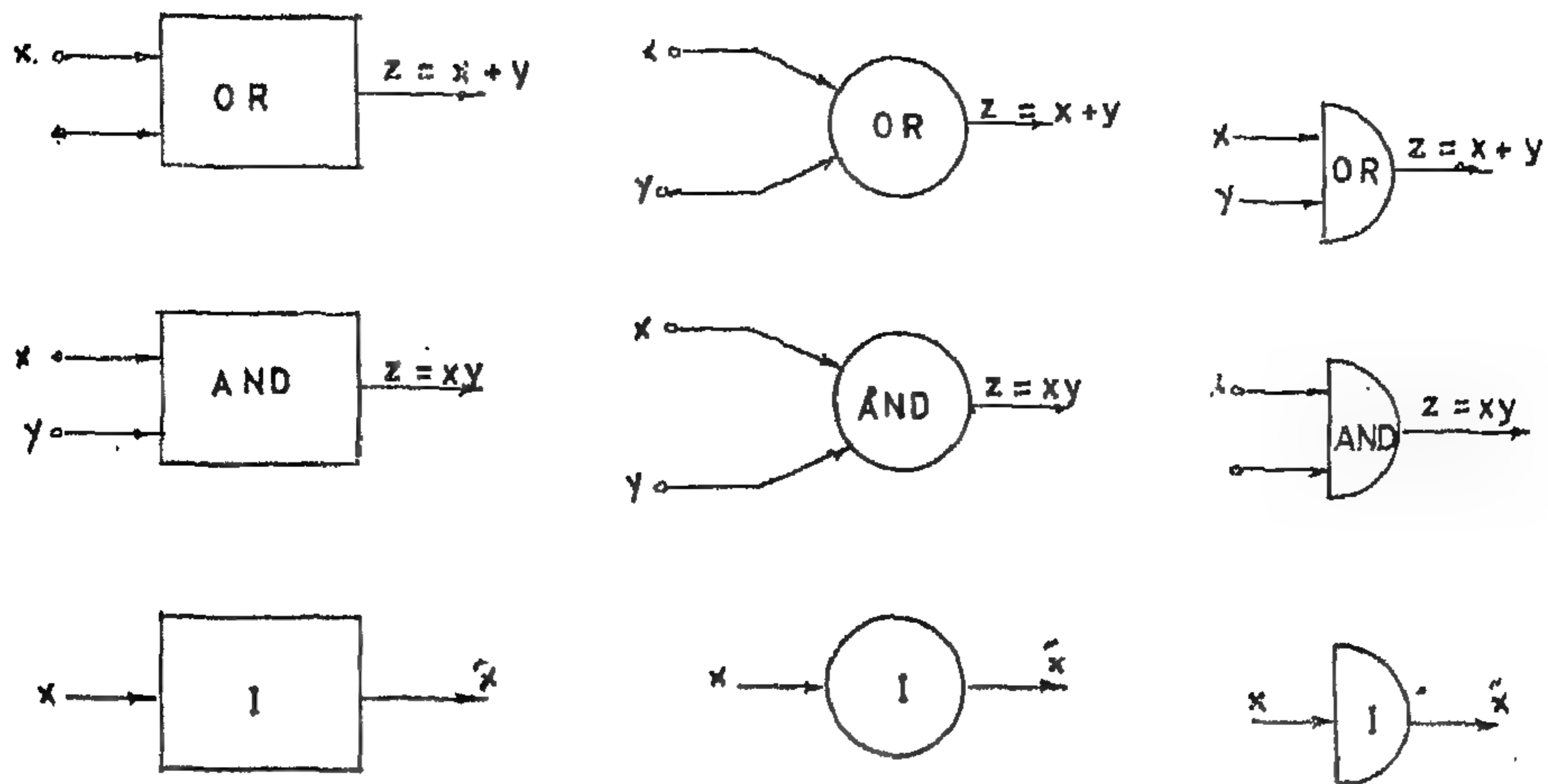
The arithmetic unit, of a digital computer, is the part which performs operations on



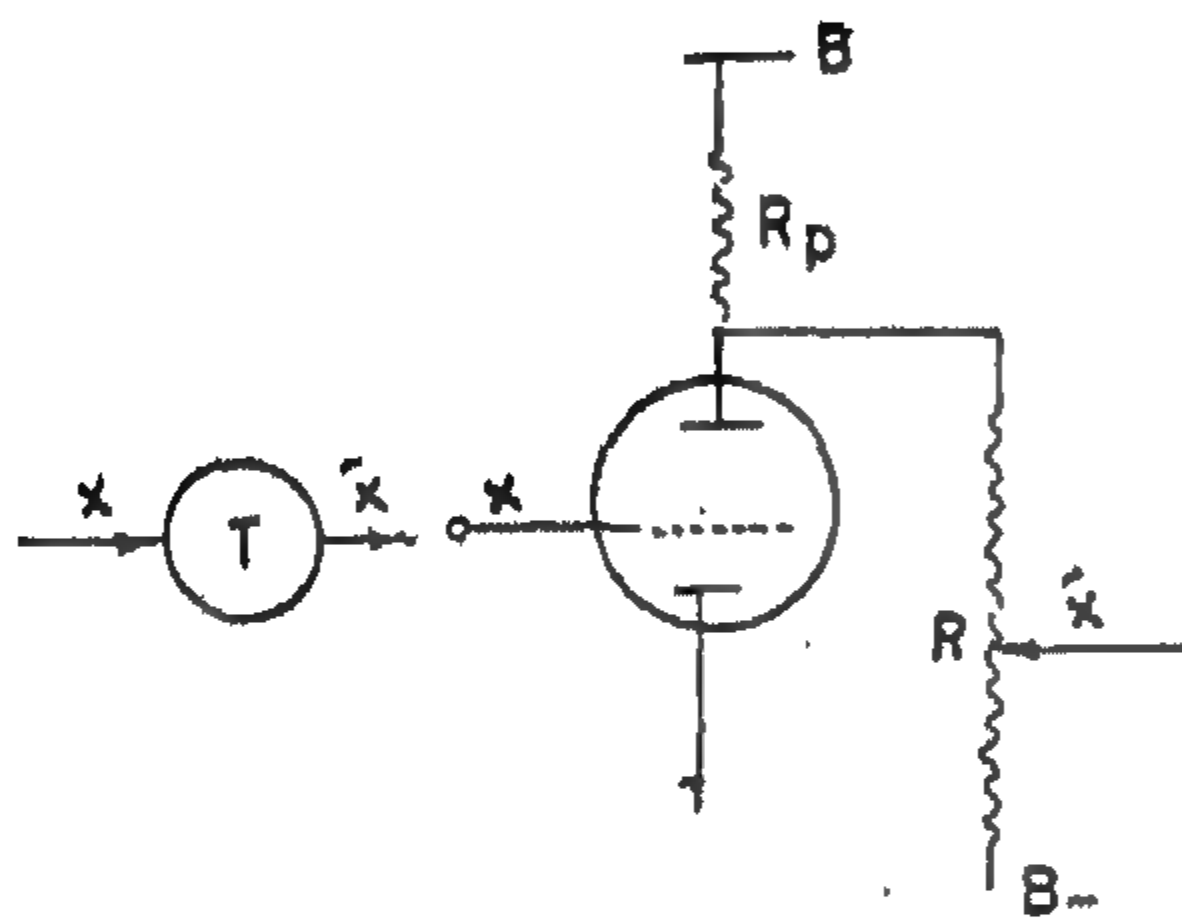
THE COMMON PLATE RESISTOR PERMITS LOGICAL MULTIPLICATION.



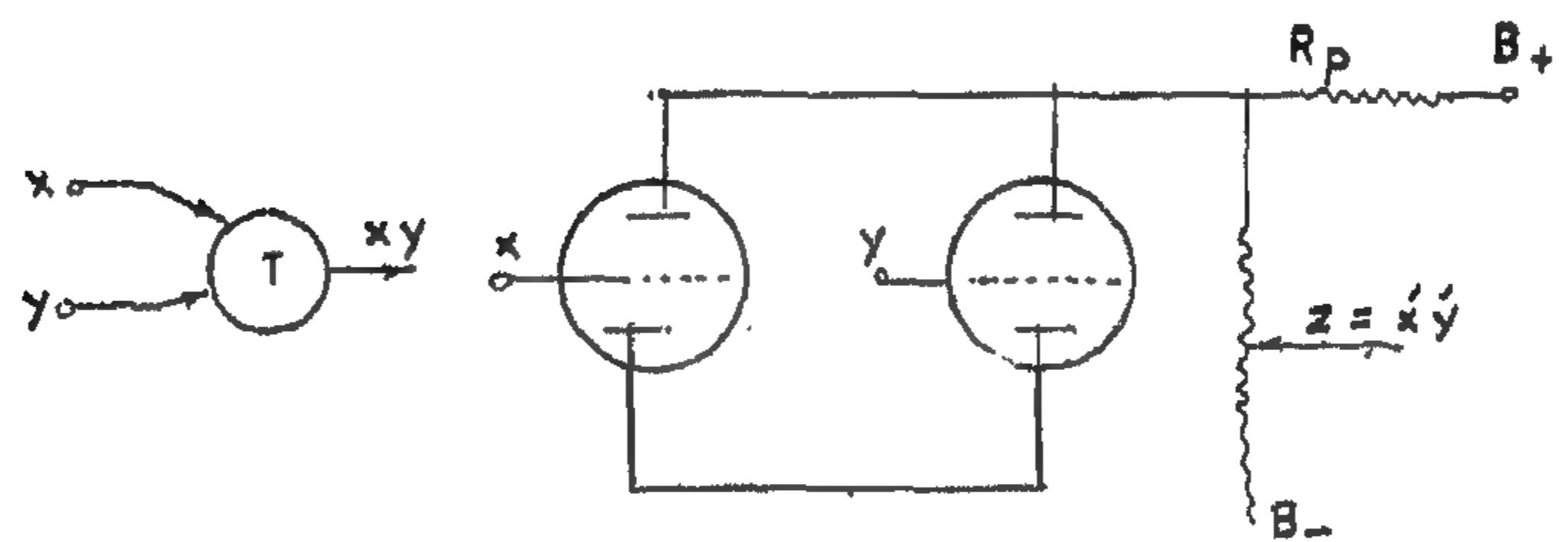
FIGS. (8, 9 and 11)



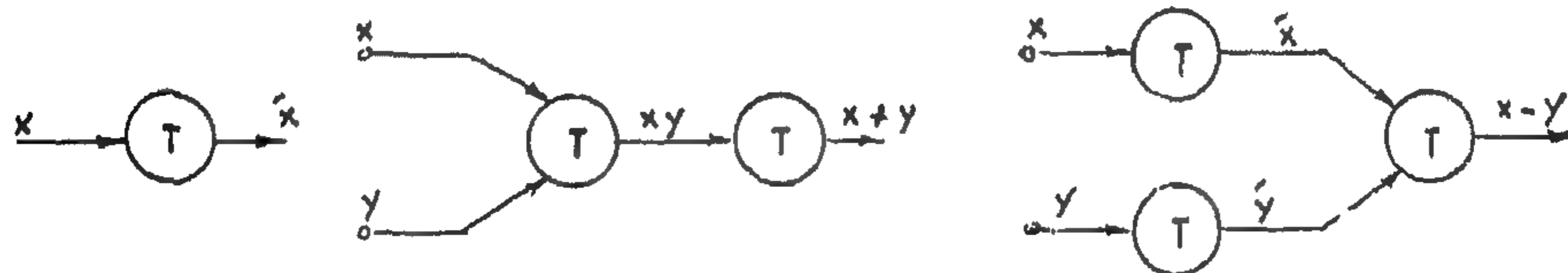
SYMBOLIC REPRESENTATION OF THE 3 BASIC GATES.



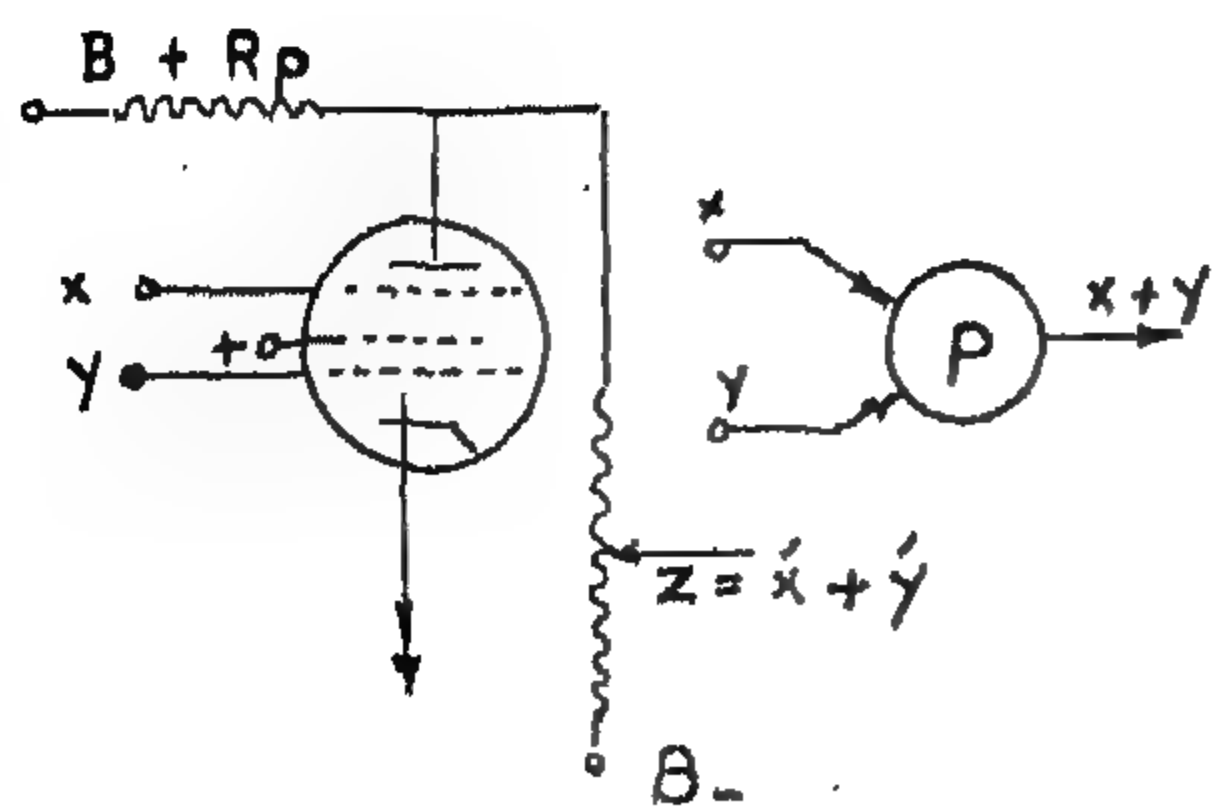
TRIODE x AN INVERTER.



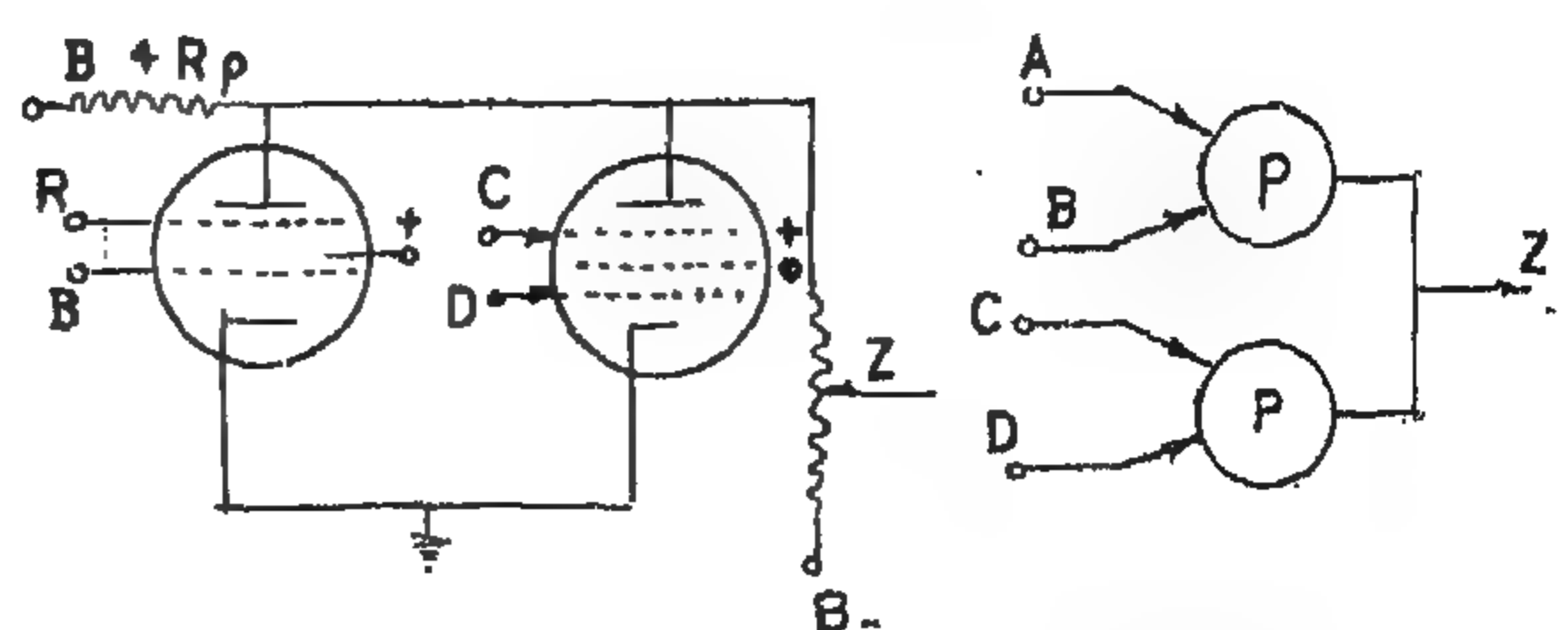
TRIODES WITH COMMON PLATE RESISTOR.



ALL THREE BASIC GATES REALIZED BY TRIODES.



THE PENTODE GATE.



TWO PENTODES WITH A COMMON PLATE RESISTANCE.

There are three methods of transmission used in computer circuits. The first is the parallel transmission, in which all the bits of a computer word are transmitted in parallel, each on a separate line. The second method is called serial transmission. In this system all the bits of a computer word are transmitted in series, on the same line. The last method is known as series parallel transmission. In this system the bits of a computer word are transmitted in parallel, while the words are handled in series.

Basic Logical Circuits :

Although a modern electronic computer is composed of a large number of electronic components, an entire machine will usually contain only a few types of basic circuits, used over and over. This sort of construction simplifies the design of the machine, increases reliability and makes the maintenance of the machine simpler and faster. In the same time, these basic circuits are simple in their principles. These basic circuits are : circuits which perform logical operations on input signals, storage elements which store bits of information, and accessory circuits such as co-axial line drivers, neonlight indicator circuits..., etc.

Logic is the science that teaches how thinking or reasoning should proceed, it produces the result of thinking. Logic presents a means by which thinking or reasoning may be simulated and the result of thinking are obtained or checked.

The three basic logical operations are as follows :—

1. The "AND" relation :

Assuming that the data are represented by electrical signals and they are in the binary form, then a given signal may represent either 0 or 1. If the high signal represents 1 and the low signal represents 0, then the "AND" relation between the inputs and the output will be such that, the output will be high (1), if and only if all input signals are

high (1's). If the inputs are expressed by x and y and the output by z , then this relation, expressed in Boolean algebra, is : $z = x \cdot y$ (said x and y equals z) and known as logical multiplication.

2. The "OR" relation :

In the "OR" relation the output will be high (1) if one or all inputs are high (1's). This relation expressed in Boolean algebra is : $z = x + y$ (said x or y equals z) and known as Logical Addition.

3. The Inversion or Negation or Complementation :

If a signal is to be inverted or complemented, the output will be high if the input is low and vice versa. The inversion of x is x' said "not" x or the "complement of" x .

The diagram in fig. (2) shows the symbolic representation of the three basic logical operations.

Note : The "AND" relation and the "OR" relation described are true for more than two inputs.

These basic logical relations may be realized by using diodes and resistors, resistors, vacuum tubes, transistors and magnetic cores. The circuit obtained are known as the three basic gates, corresponding to the three basic logical operations.

The "AND" gate and the "OR" gate can also be built using cryotron elements which is switching device whose operation is based on the superconductivity, which occurs at extremely low temperatures. However, such techniques are still in their early experimental stages.

Some stress will be given on the vacuum-tube gates to make possible to compare between the design of adders using these gates and the adder which has been designed in this research.

Vacuum Tube Gates :

Gates constructed from triodes and pentodes are only considered. Although vacuum-

system (radix 16). The binary system, is the most efficient system for machine use.

The Binary System :

The binary system is very simple for it uses only the symbols 0 and 1. For this simplicity

and other reasons, present-day digital computers are constructed to operate in binary or binary-coded-decimal systems. A fact which makes the binary system suitable for computer use, is that the components used in digital computer circuits are basically bistable in their operation.

The following table gives the binary values which are equivalent to the decimal numbers:

Decimal	Binary	Decimal	Binary	Decimal	Binary	Decimal	Binary
1	1	6	110	11	1011	16	10000
2	10	7	111	12	1100	17	10001
3	11	8	1000	13	1101	18	10010
4	100	9	1001	14	1110	19	10011
5	101	10	1010	15	1111	20	10100

Since the base (radix) of the binary system is 2, then the weights of the columns are 1, 2, 4, 8, 16, etc., from right to left.

Binary Addition and subtraction :

Addition and subtraction in binary number system are much simpler, for we have only two digits 0 and 1. The rules of binary addition and subtraction are as follows :

- $0 + 0 = 0$
- $0 + 1 = 1$
- $1 + 1 = 0$ plus a carry-over of 1
- $0 - 0 = 0$
- $1 - 0 = 1$
- $0 - 1 = 1$ with a borrow of 1.

Since the largest digit is 1, a carry-over is generated whenever the sum is greater than 1. Also when a 1 is subtracted from 0, the remainder is 1, but it is necessary to borrow 1 from the next column to the left.

Binary Multiplication and Division :

The binary multiplication is very easy. It is only necessary to copy the multiplicand if

the multiplier is 1 and the copy 0's if the multiplier is 0.

The binary multiplication table and the binary division tables are as follows :

$$\begin{array}{ll} 0 \times 0 = 0 & 0 \div 1 = 0 \\ 0 \times 1 = 0 & 1 \div 1 = 1 \\ 1 \times 1 = 1 & \end{array}$$

Representation and Transmission of Binary Numbers :

The different operations performed by electronic digital computers are carried out by switching and storing electrical signals. Hence there are many ways of representing the two digits of the binary system by electrical signals. In d-c. computers, two different voltage levels are used, while in a-c. systems different techniques may be used. One system uses a positive pulse of short duration to represent 1 and a negative pulse of the same duration and amplitude for the 0. In other techniques, the presence of a positive or negative pulse indicates 1 and the absence of a pulse indicates 0. If a-c. sinusoidal signals are used, a phase shift distinguishes bet. the digits 0 and 1.

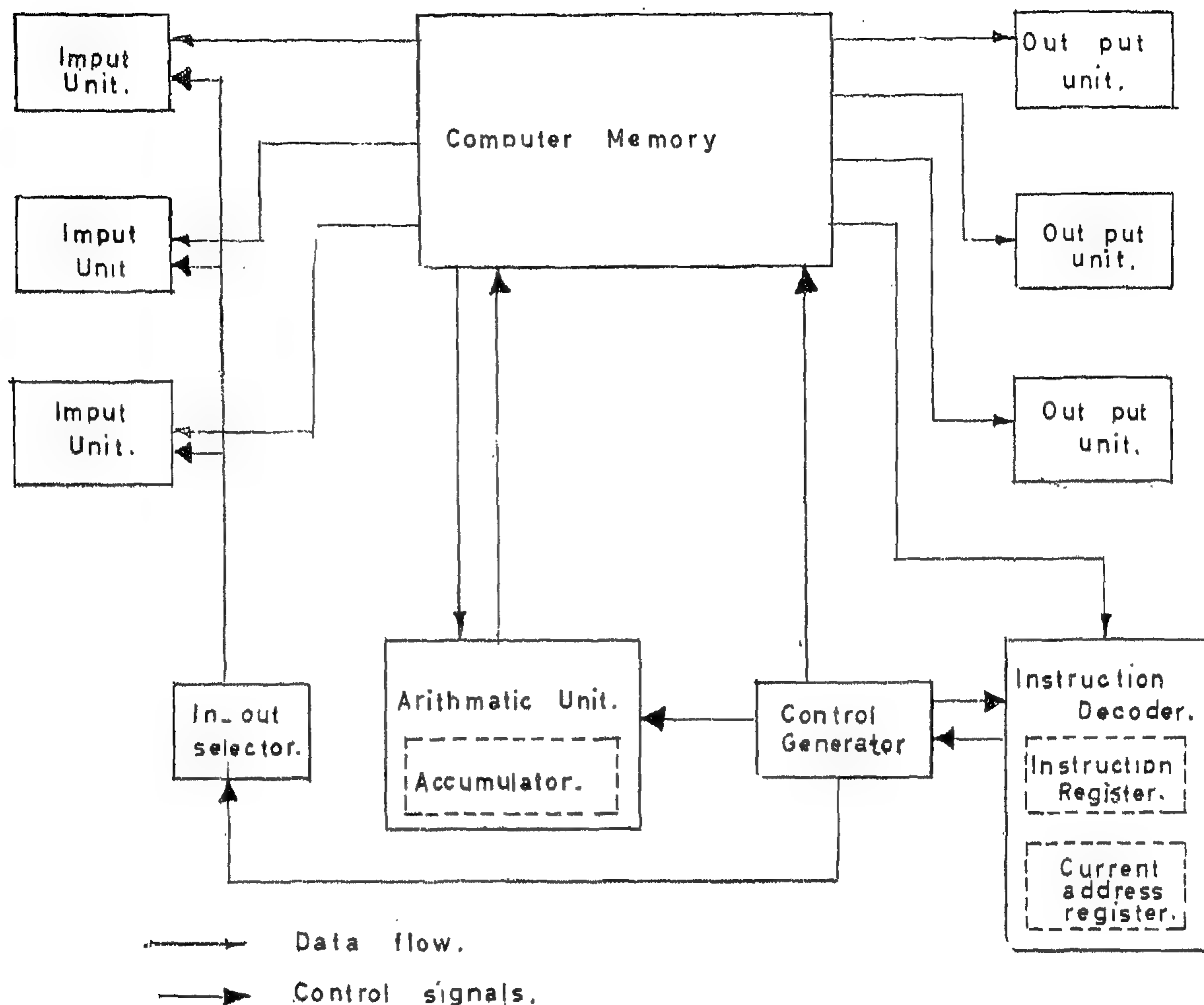


FIG. 1. Block diagram of a computer.

This last function is done by the use of electronic control signals. The part of the control unit which interpretes or decodes the instructions is called the Instruction Decoder and the second part which generates the control signals, is called the Control Generator.

Input-output :

These units are the devices which enable the numbers and the instruction to be initially introduced and finally read out of the computer memory. These units are not build inside the computer itself, but they form separate units. They may be electric typewriters, paper tape, punching machines, card punching machines or magnetic tape recording machines. Most computers have several input

units and output units. The In-Out selector determine which unit will read the information into or out of the computer. This selector is operated by signals from the control generator.

Number Systems & Codes

Since man started counting using his hands, the decimal system, which is based on our ten fingers, has been widely adopted throughout our present civilization that we rarely consider the possibilities of other number systems. But the decimal system is not the most efficient one for machine construction.

Other number systems besides the decimal system are the binary system (radix 2), the octal system (radix 8) and the hexadecimal

SWITCHING CIRCUITRY OF ELECTRONIC DIGITAL COMPUTERS (COMPLETE DESIGN OF A PARALLEL DECIMAL ADDER)

By

Dr. NAIM ABOU-TALEB

*Ass. Prof., Elec. Department, Faculty of Engineering,
Alexandria University*

and

Eng. ABD-ELFATTAH M. ABD-ALLA

National Research Center.

Introduction

Digital computers are playing an increasingly vital role in business, industry and science. They are used for many phases of accounting and sales, for production control, material handling and for firing and flight control of aircraft and missiles. The extensive list of areas in which digital computers are used is constantly growing.

The purpose of this paper is to build a decimal parallel adder, which is the main part in the arithmetic unit of a digital computer. Although all computers, used now, utilize transistors and magnetic cores for their switching circuitry, vacuum tubes are used in the switching circuitry of the decimal adder designed in this paper. The reason for using vacuum tube is that transistors and cores are not available. The adder which is built, is designed in way that the number of switching elements used are less than in the other corresponding adders.

In this research a comparison is made, between the adder which is built and the other corresponding adders used most computers, to show the economics realized by this design.

In order to make the reading of this research possible for any one, with a basic knowledge of electronics, the research provides some general knowledge about; the block diagram of a digital computer, number system and codes used in the arithmetic unit of digital computers, the basic logical circuits

and gates. The thesis gave some stress on the vacuum tube gates. Then a basic summarized knowledge about adders is introduced. The details of the complete design of a decimal parallel adder is given at the end.

The computer is composed of the following parts, Fig. (1) :

Block Diagram of a Digital Computer

The memory :

The computer's memory stores the numbers to be operated on. It stores the instruction and the intermediate results and final results. The memory supplies the computing unit by the data required for the arithmetic operations with a high speed. In high speed computers, the time taken by a number or an instruction to be transmitted to the computing unit is about 1 microsecond.

The computing unit :

The computing unit is composed of two parts; the arithmetic unit and the control. The first part performs the arithmetic operation performed by the computer. The second part obtains the instructions from the memory and interprets them.

The control :

The control unit of a digital computer performs two functions: first it must interpret the instructions and then according to this interpretation it must, secondly, tell the arithmetic unit what operation to perform.

¹Summary of a thesis submitted for M.Sc. to Alexandria University.

TABLE 6. Uniform Loading. $T_A = T_D = \text{coeff.} \times w l_o^2$

b/d	$\frac{R/l_o}{\alpha}$	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Any ratio	0°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/2	15	+0.03625	+0.04021	+ 0.04442	+0.04882	+0.05212	+0.05641
	30	+0.0453	+0.05721	+ 0.06804	+0.07983	+0.03634	+0.10345
	45	+0.03769	+0.05316	+ 0.06939	+0.08722	+0.09980	+0.11200
	60	+0.02693	+0.04084	+ 0.05442	+0.06675	+0.07537	+0.08300
	75	+0.01323	+0.02177	+ 0.02679	+0.02561	+0.01734	+0.00034
	90	0.00	—0.0021	—0.01380	—0.0407	—0.08850	—0.15010
1/3	15	+0.03046	+0.03397	+ 0.03782	+0.04109	+0.04461	+0.04853
	30	+0.03045	+0.03826	+ 0.04576	+0.05445	+0.06277	+0.0 186
	45	+0.02121	+0.05070	+ 0.03927	+0.04969	+0.05846	+0.06669
	60	+0.01411	+0.02174	+ 0.02876	+0.03434	+0.03720	+0.03666
	75	+0.00668	+0.01095	+ 0.01172	+0.00668	—0.00526	—0.02731
	90	0.00	—0.00180	—0.0129	—0.03770	—0.08130	—0.14100
1/4	15	+0.02492	+0.02791	+ 0.03096	+0.03405	+0.03731	+0.04058
	30	+0.0206	+0.02601	+ 0.031506	+0.03760	+0.04353	+0.04967
	45	+0.01386	+0.01928	+ 0.025488	+0.031096	+0.03600	+0.04042
	60	+0.00848	+0.01304	+ 0.01681	+0.01977	+0.01798	+0.01460
	75	+0.00395	+0.00621	+ 0.00506	—0.00192	—0.01050	—0.04151
	90	0.00	—0.00100	—0.0121	—0.0362	—0.07690	—0.1366

TABLE 5. Uniform Loading. $M_{(l_0/2)} = \text{coeff.} \times w l_0^2$

b/d	R/l_0 α	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Any ratio	0°	—0.04167	—0.04167	—0.04167	—0.04167	—0.04167	—0.04167
1/2	15	—0.01022	+0.00204	+0.0153	+0.03207	+0.05009	+0.06824
	30	+0.04634	+0.08198	+0.12676	+0.17751	+0.23597	+0.30100
	45	+0.08730	+0.15894	+0.24701	+0.35067	+0.47680	+0.61730
	60	+0.10945	+0.22192	+0.36628	+0.54300	+0.75339	+0.99610
	75	+0.12145	+0.27595	+0.48334	+0.74435	+1.05925	+1.42853
	90	+0.12500	+0.32200	+0.59900	+0.95600	+1.39300	+1.91000
1/3	15	+0.01131	+0.02532	+0.03993	+0.05862	+0.07808	+0.09799
	30	+0.07230	+0.11654	+0.06538	+0.22147	+0.28545	+0.3557
	45	+0.10379	+0.18140	+0.27713	+0.38821	+0.51814	+0.66550
	60	+0.11685	+0.23685	+0.38104	+0.56161	+0.77543	+1.02285
	75	+0.12320	+0.27887	+0.48738	+0.74954	+1.0653	+1.43599
	90	+0.12500	+0.32200	+0.59900	+0.95600	+1.39300	+1.91000
1/4	15	+0.03200	+0.04792	+0.06553	+0.08489	+0.10601	+0.12774
	30	+0.08900	+0.13602	+0.19007	+0.25138	0.32380	0.39430
	45	+0.11100	+0.19280	+0.29091	+0.40686	0.54077	0.69210
	60	+0.12000	+0.23797	+0.38794	+0.57061	0.78646	1.03560
	75	+0.12400	+0.28011	0.48916	0.74160	1.06670	1.43943
	90	+0.12500	+0.32200	0.59900	0.95600	1.39300	1.91000

TABLE 4. Uniform Loading. $M_D = M_B = \text{Ccoeff.} \times w l_o^2$

b/d	R/l _o	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
	α						
Any ratio	0°	—0.16667	—0.16667	—0.16667	—0.16667	—0.16667	—0.16667
1/2	15	—0.13522	—0.14913	—0.16204	—0.17144	—0.17959	—0.18761
	30	—0.07846	—0.09536	—0.10292	—0.10451	—0.09839	—0.08570
	45	—0.03796	—0.04456	—0.03499	—0.00983	+0.03780	+0.09980
	60	—0.10555	—0.00775	+0.03189	+0.10400	+0.20971	+0.34775
	75	—0.00355	+0.02015	+0.09674	+0.22695	+0.41105	+0.64953
	90	0.00	+0.04000	+0.16000	+0.36000	+0.64000	+1.0000
1/3	15	—0.11369	—0.12585	—0.13741	—0.14489	—0.15169	—0.15786
	30	—0.05274	—0.06080	—0.06429	—0.06055	—0.04891	—0.03100
	45	—0.02121	—0.02210	—0.00487	+0.02771	+0.07914	—0.14800
	60	—0.00815	+0.00727	+0.04670	+0.12260	+0.23175	+0.3745
	75	—0.00179	+0.02307	+0.10078	+0.23214	+0.41710	+0.65684
	90	0.00	+0.04000	+0.16000	+0.36000	+0.64000	+1.00
1/4	15	—0.09302	—0.10325	—0.11281	—0.11862	—0.12367	—0.12811
	30	—0.03567	—0.04132	—0.03961	—0.03064	—0.01556	+0.0076
	45	—0.01386	—0.01070	+0.00891	+0.04636	+0.10127	+0.17460
	60	—0.00489	+0.00830	+0.0536	+0.13160	+0.24280	+0.38725
	75	—0.00106	+0.02431	+0.10256	+0.23420	+0.41850	+0.66043
	90	0.00	+0.04000	+0.16000	+0.36000	+0.64000	+1.000

TABLE 3. Uniform Loading. $M_A = M_B = \text{coeff.} \times w l_o^2$

b/d	R/ l_o	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
	α						
Any ratio	0°	+0.33333	+0.33333	+0.33333	+0.33333	+0.33333	+0.33333
1/2	15	+0.36478	+0.40321	+0.44264	+0.48558	+0.52977	+0.57409
	30	+0.42154	+0.50932	+0.60644	+0.70953	+0.82033	+0.93770
	45	+0.46231	+0.61244	+0.77901	+0.96117	+1.16580	+1.3848
	60	+0.48445	+0.70159	+0.95057	+1.23192	+1.54707	+1.89445
	75	+0.49645	+0.78770	+1.11994	+1.51175	+1.95745	+2.45743
	90	+0.5000	+0.85400	+1.28800	+1.80200	+2.39600	+3.07000
1/3	15	0.38631	0.42650	0.46727	0.51213	0.55778	0.60384
	30	0.44726	0.54387	0.64506	0.75348	0.86981	0.99240
	45	0.47880	0.63490	0.80913	0.99871	1.20714	1.43300
	60	0.49185	0.71661	0.96538	1.25060	1.56911	1.92120
	75	0.49730	0.78467	1.12398	1.51694	1.96350	2.46514
	90	0.5000	0.85400	1.28800	1.80200	2.39600	3.07000
1/4	15	+0.40698	+0.44910	+0.49287	0.53840	0.58569	0.63560
	30	+0.46432	+0.56300	0.6697	0.78340	0.90316	1.03100
	45	+0.48614	+0.64631	0.82291	1.01736	1.22937	1.4596
	60	+0.4951	0.71764	0.97228	1.25962	1.58021	1.93495
	75	+0.49894	0.78607	1.12577	1.51900	1.96485	2.42417
	90	0.5000	0.85400	1.28800	1.80300	2.39600	3.07000

TABLE 2. Uniform loading. $M_o = \text{coeff.} \times w l_o^2$

b/d	R/l_o	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
	α						
Any ratio	0°	—0.16667	—0.16667	—0.16667	—0.16667	—0.16667	—0.16667
1/2	15	—0.13999	—0.15580	—0.1734	—0.19029	—0.20850	—0.22948
	30	—0.09060	—0.11630	—0.1436	—0.17650	—0.21264	—0.25370
	45	—0.05331	—0.07960	—0.11580	—0.16309	—0.21177	—0.27184
	60	—0.03110	—0.05550	—0.09622	—0.15220	—0.22058	—0.3045
	75	—0.01370	—0.0367	—0.08440	—0.15403	—0.24460	—0.35410
	90	—0.00	—0.0207	—0.0774	—0.16450	—0.27630	—0.41900
1/3	15	—0.11770	—0.13170	—0.1479	—0.16280	—0.17950	—0.19870
	30	—0.06090	—0.07640	—0.09900	—0.12574	—0.15550	—0.19053
	45	—0.03000	—0.04784	—0.07320	—0.11000	—0.15330	—0.20465
	60	—0.01630	—0.03345	—0.06660	—0.11480	—0.17650	—0.25099
	75	—0.00692	—0.02540	—0.06880	—0.13440	—0.2212	—0.32586
	90	0.00	—0.02100	—0.07830	—0.16750	—0.28350	—0.42923
1/4	15	—0.0963	—0.1083	—0.1214	—0.1356	—0.1506	—0.1679
	30	—0.0412	—0.0539	—0.0705	—0.0921	—0.1170	—0.1461
	45	—0.0196	—0.03168	—0.0537	—0.0857	—0.1215	—0.1675
	60	—0.00979	—0.0234	—0.0528	—0.0968	—0.1543	—0.2255
	75	—0.00409	—0.0206	—0.0619	—0.1255	—0.2158	—0.3122
	90	—0.00	—0.0218	—0.0791	0.169	—0.2879	—0.4334

where U is the strain energy of the cantilever due to M and T neglecting the effect of Q .

Equations (30), (31) and (32) lead to:

$$\begin{aligned} \mu_0 = & \frac{1}{EI} \int_0^\alpha M_k \cos \Theta \cdot R d\Theta + \frac{1}{EI} \\ & \int_0^{l_0} M_s \cos \alpha dz + \frac{1}{GJ} \\ & \int_0^\alpha T_k (-\sin \Theta) \cdot R d\Theta \\ & + \frac{1}{GJ} \int T_s (-\sin) dz. \end{aligned}$$

From which, after integrating, μ_0 is attained as:

$$\begin{aligned} \mu_0 EI = & M_0 \left[R/2 \left\{ \alpha (1 + \gamma) + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right. \right. \\ & (1 - \gamma) + l_0 \{ 1 - \sin^2 \alpha (\gamma - 1) \} \left. \right] + \\ & + w R^3 \left[(1 + \gamma) (\sin \alpha - \alpha/2) \right. \\ & + \frac{\sin 2\alpha}{4} (\gamma - 1) - \alpha \gamma \cos \alpha \left. \right] \\ & + w \left[(l_0^2/2) \cos \alpha (l_0/3 + \alpha R) \right. \\ & + R^2 l_0 \{ \cos \alpha (1 - \cos \alpha) \\ & + \gamma \sin \alpha (\alpha - \sin \alpha) \} \left. \right] \quad (33) \end{aligned}$$

Applying now this result, to find the statically unknown value of M_0 in the centre section C of the fixed bow girder (Fig. 10), the symmetry condition at section C:

$$\mu_0 = 0$$

must be regarded; M_0 is accordingly determined as:

$$\begin{aligned} M_0 = & w R^3 \left[(1 + \gamma) (\sin \alpha - \alpha/2) \right. \\ & + \frac{\sin 2\alpha}{4} (\gamma - 1) - \alpha \gamma \cos \alpha \left. \right] \\ & + w l_0 \left[l_0/2 \cos \alpha (l_0/3 + \alpha R) \right. \\ & + R^2 \{ \cos \alpha (1 - \cos \alpha) + \gamma \sin \alpha \\ & \cdot (\alpha - \sin \alpha) \} \left. \right] / \left[R/2 \left\{ \alpha (1 + \gamma) \right. \right. \\ & + \frac{\sin 2\alpha}{2} (1 - \gamma) + l_0 \{ 1 - \sin^2 \alpha \\ & (\gamma - 1) \} \left. \right] \quad (34) \end{aligned}$$

Thus, internal forces can now be calculated at any section of the girder. These can be given for fixed ends A and B of the girder as:

$$\begin{aligned} M_A = M_B = & M_0 \cos \alpha + w R^2 \\ & (1 - \cos \alpha) + w \alpha R l_0 + \frac{w l_0^2}{2} \\ T_A = -T_B = & -M_0 \sin \alpha - w R^2 \\ & (\alpha - \sin \alpha) \\ Q_A = -Q_B = & -w (l_0 + R \alpha) \end{aligned}$$

and also for example at sections of connection D and E of the circular part of the girder with its straight part:

$$\begin{aligned} M_D = M_E = & M_0 \cos \alpha + w R^2 (1 - \cos \alpha) \\ T_D = -T_E = & -M_0 \sin \alpha - w R^2 \\ & (\alpha - \sin \alpha) \\ Q_D = Q_E = & -w R \alpha \end{aligned}$$

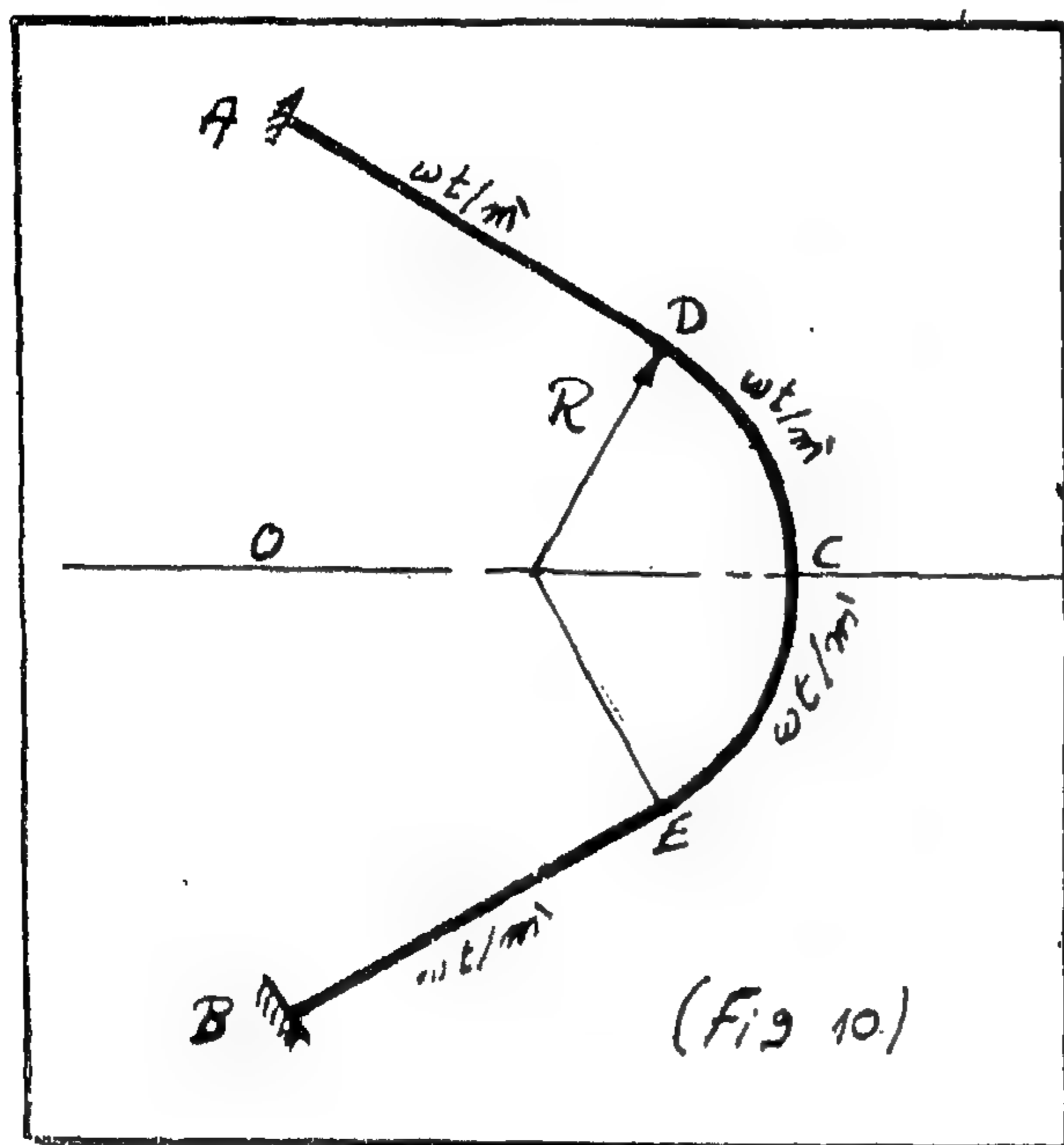
The dimensionless coefficients $\frac{M}{w l_0^2}$ for the

determination of bending moments M at section C, D, E, mid section ($l_0/2$) of the straight parts l_0 , and at fixed ends A and B are given in tables 2 to 5 for the case of uniformly distributed loading w per unit length of the girder, regarding the sign conventions given before. In table 6, dimensionless coef-

ficients $\frac{T}{w l_0^2}$ for the determination of torsional moments T are also given.

In all these tables, different shapes of the treated bow girders are considered, regarding different side ratios b/d of the girders rectangular cross sections, different ratios R/l_0 and different angle 2α subtended by the circular part ranging from $2\alpha = 0$, which is the case of a totally straight girder of length $2l_0$ up to $2\alpha = 180^\circ$.

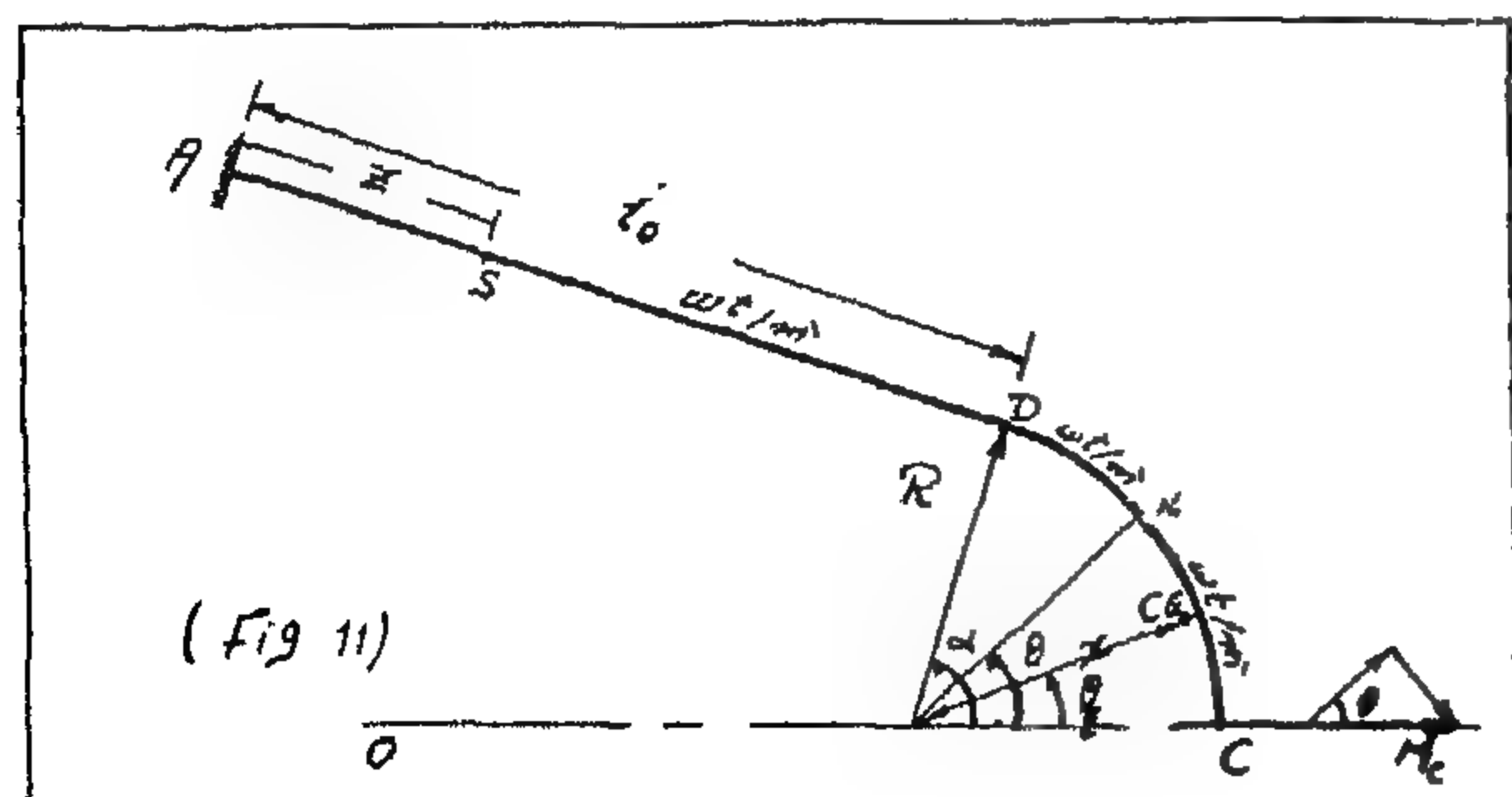
4. The totally fixed circular Bow girder ending with straight parts under uniformly distributed load.



The shown bow girder in fig. (10) is fixed at both ends, and covered with a uniformly distributed load of intensity w per unit length.

The symmetry conditions which are established by uniform loading and equal degree of total fixation at the ends "A" and "B", will prevent the section at mid point "C" from rotation, moreover the shear at this section will be equal to zero.

For the solution, it is convenient to consider the behaviour of a circular arc cantilever ending with straight part to obtain an expression for the angular movement of the end "C" in direction of M_0 as shown in fig. (11).



At any point K on the curved part of the cantilever at an angular distance Θ from OC, the length of the arc CK = $R\Theta$

where Θ is measured in radians.

In figure (11) also:

x = the distance of the CG of the circular arc CK

$$= \frac{R \sin \Theta/2}{\Theta/2}$$

and the arm for calculating the bending at "K" due to uniform loading on arc "CK" = $x \sin \Theta/2$.

Similarly the arm for calculating the torsional moment at "K" due to uniform loading on arc "CK" is:

$$R - x \cos \Theta/2 = R \left(1 - \frac{\sin \Theta}{\Theta} \right)$$

The equations of the resultant actions at point K on the curved part of the cantilever due to the uniform loading " w " and the end moment M_0 can be now put in the form:

$$M_k = M_0 \cos \Theta + 2 w R^2 \sin \Theta/2$$

$$T_k = - M_0 \sin \Theta - w R^2 \Theta - \sin \Theta \quad (30)$$

$$Q_k = w R \Theta$$

Similarly the equations of the resultant actions at any point "S" on the straight part of the cantilever are:

$$M_s = M_0 \cos \alpha + 2 w R^2 \sin \alpha/2 + w R \alpha$$

$$(l_0 - z) - w \left(\frac{l_0 - z}{2} \right)^2$$

$$T_s = - M_0 \sin \alpha + w R^2 (\alpha - \sin \alpha) \quad (31)$$

$$Q_s = - w R \alpha - w (l_0 - z)$$

At the free end section "C" of the cantilever, the angular movement μ_0 in the direction of M_0 is

$$\mu_0 = \frac{\partial U}{\partial M_0} = \frac{1}{EI} \int M \frac{\partial M}{\partial M_0} ds + \frac{1}{GJ} \int T \frac{\partial T}{\partial M_0} ds \quad (32)$$

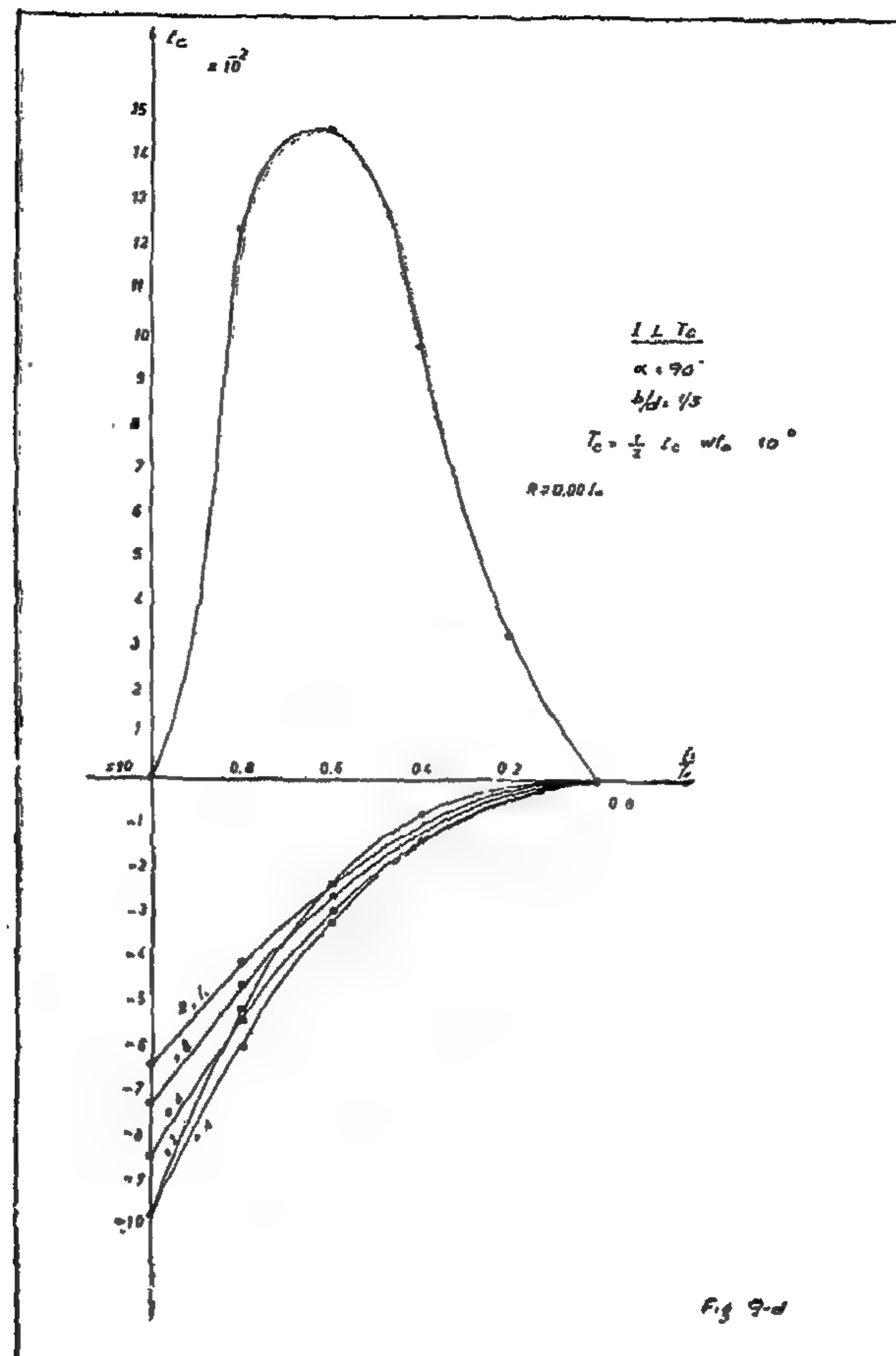
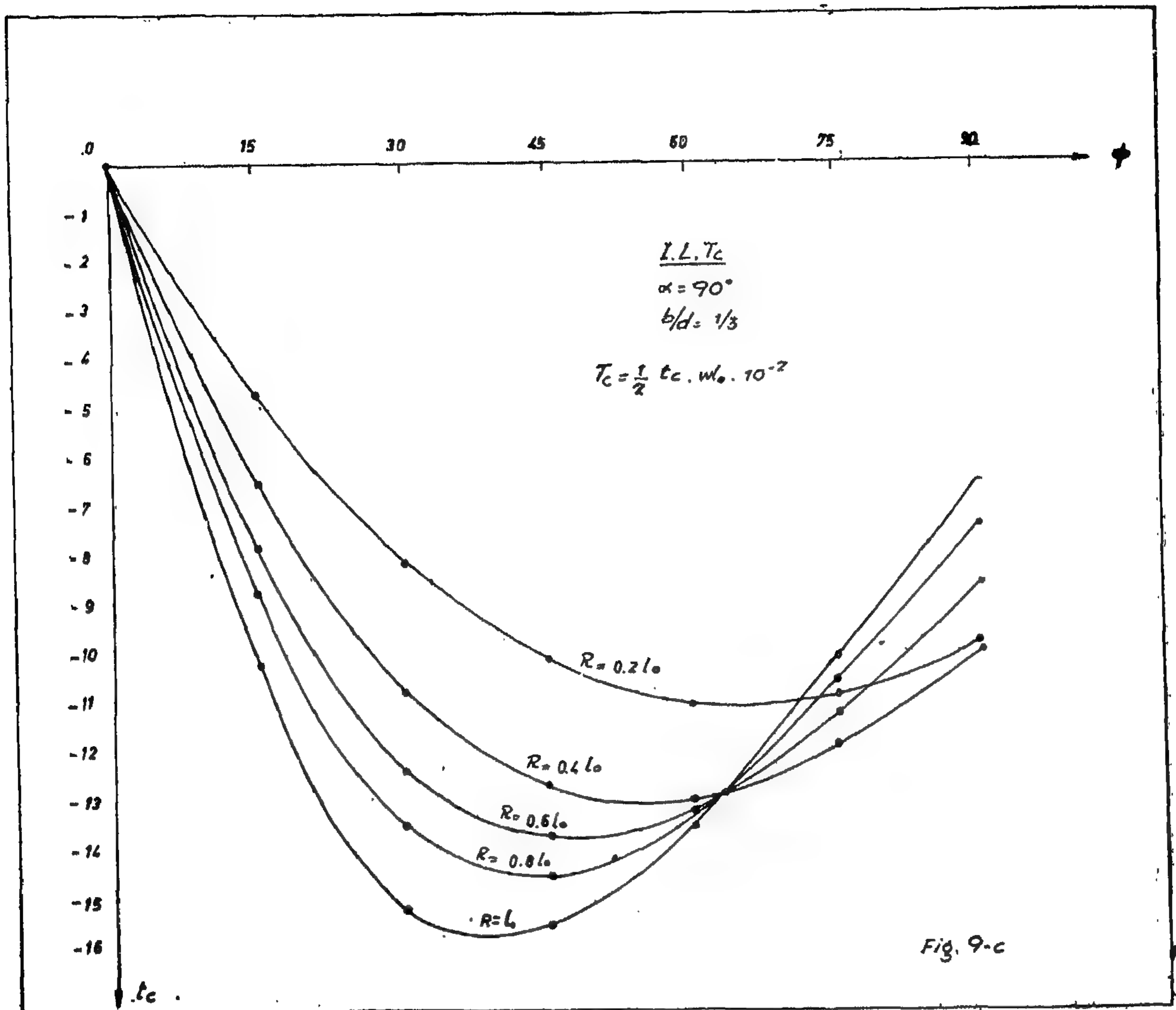


TABLE 1

b/d	1/2	1/3	1/4	
M_c	-1.220	-1.120	-1.072	mt
M_A	9.417	9.809	10.210	mt
M_B	5.608	5.267	4.890	mt
M_D	2.366	2.584	2.807	mt
M_E	2.659	2.492	2.292	mt
Q_c	0.295	0.277	0.260	t
Q_A	-0.705	-0.723	-0.740	t
Q_B	0.295	0.277	0.260	t
T_c	-0.721	-0.660	-0.579	mt
$T_A = T_D$	0.397	0.213	0.081	mt
$T_B = T_E$	0.385	0.393	0.358	mt



In order to show the effect of variation of the section sides ratio $\frac{b}{d}$ on the internal forces, the results of a numerical application are next shown for the case of a bow girder with the following data :

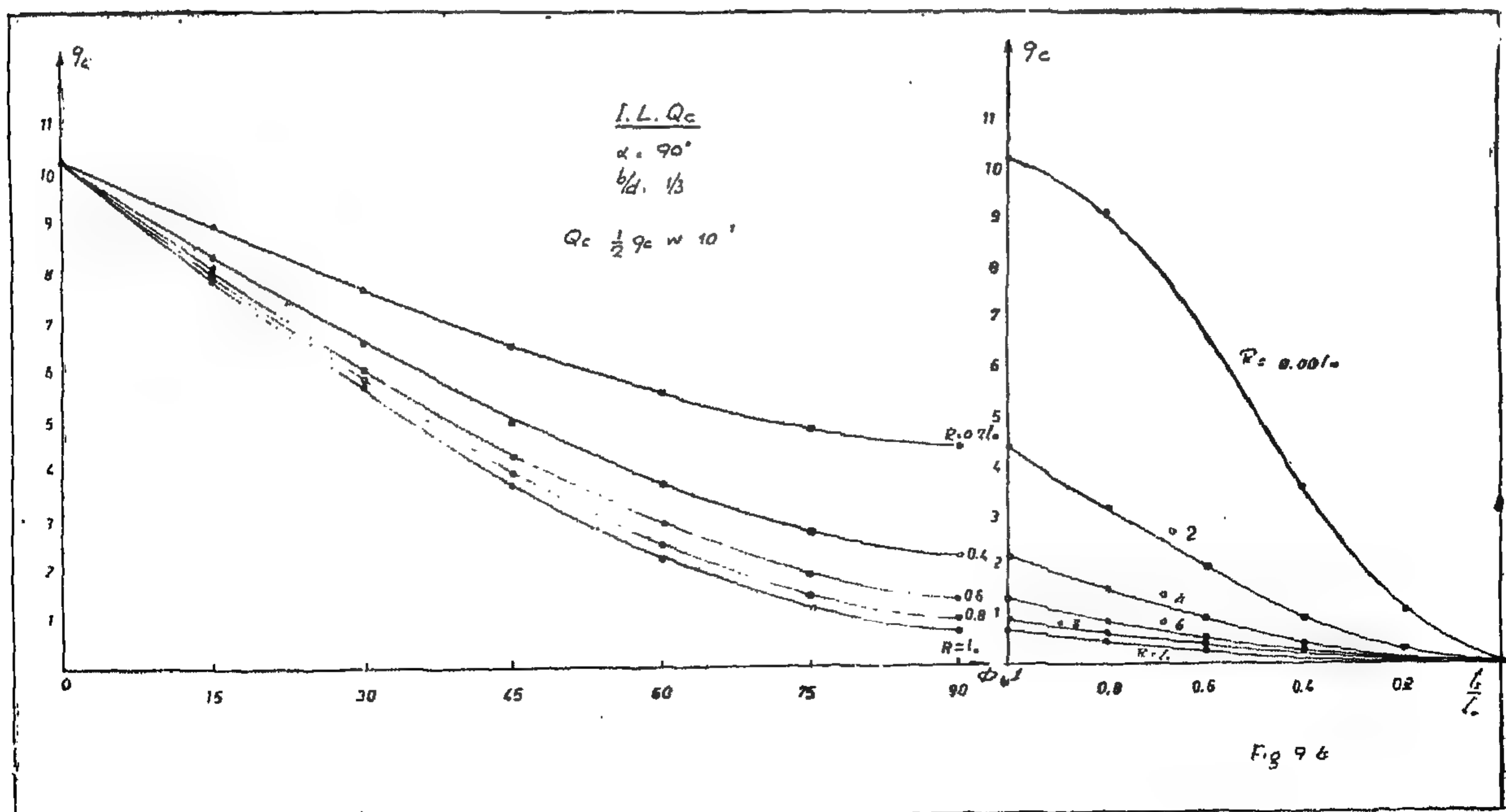
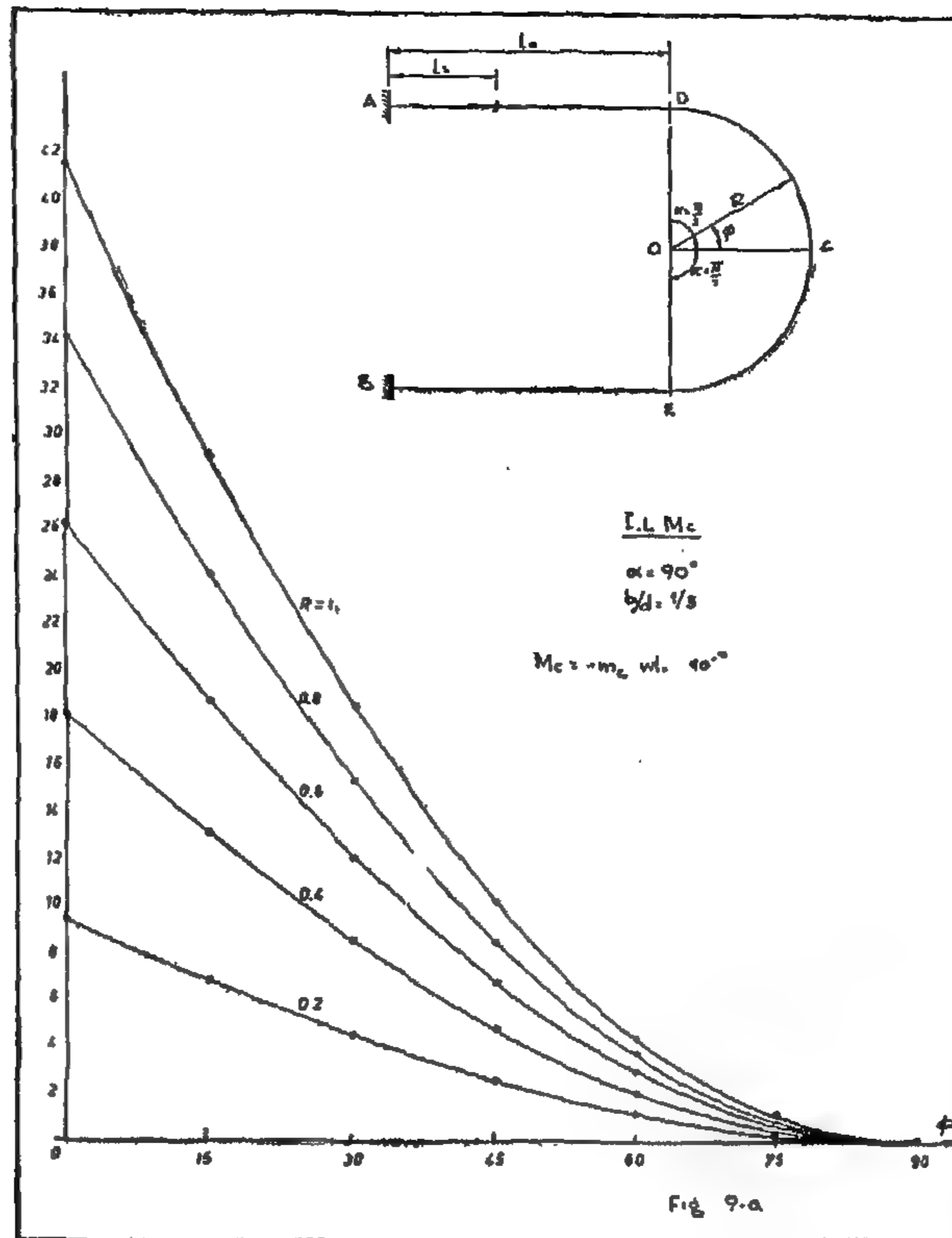
Length of each of the straight parts = $l_0 = 10.00$ m.

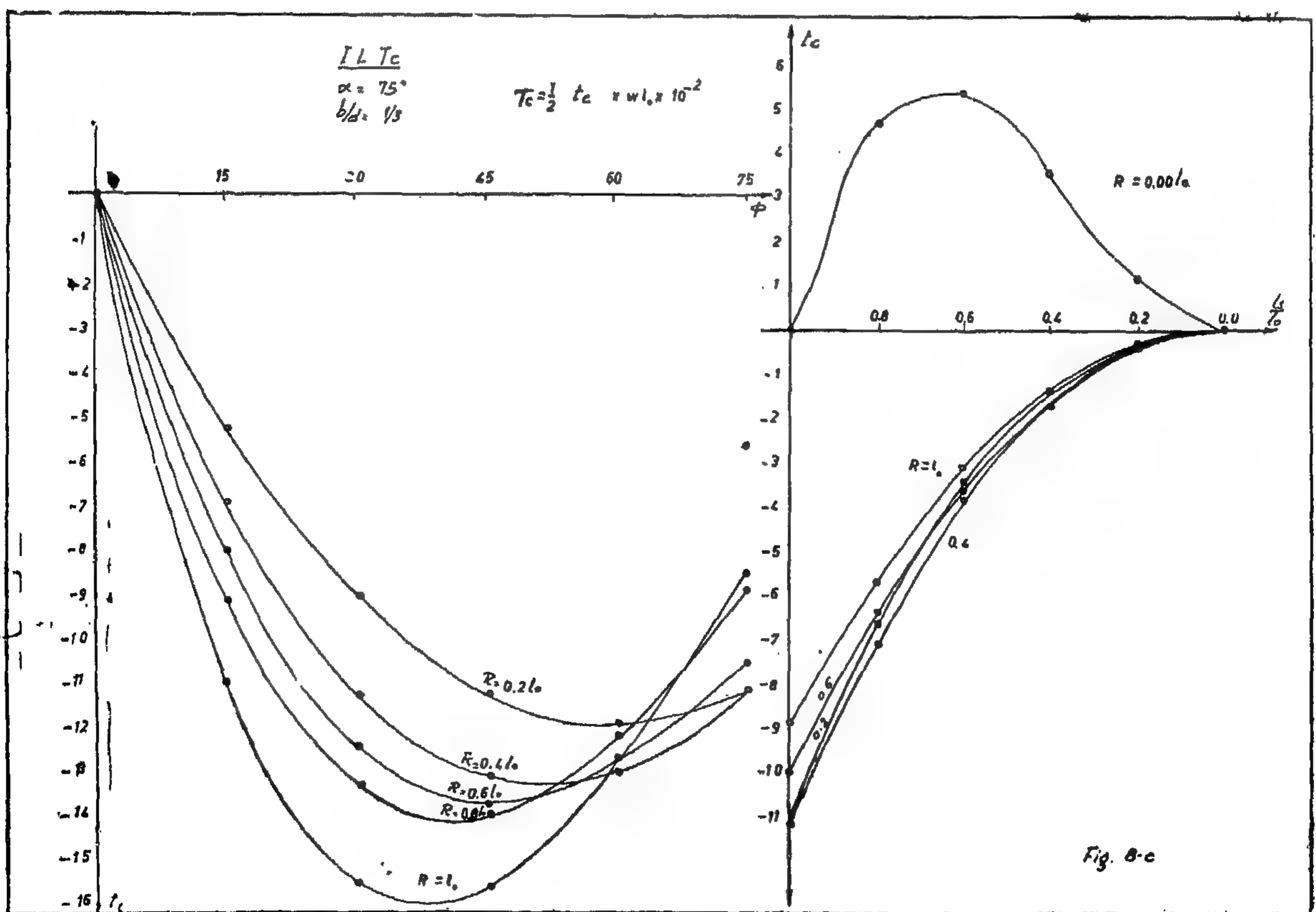
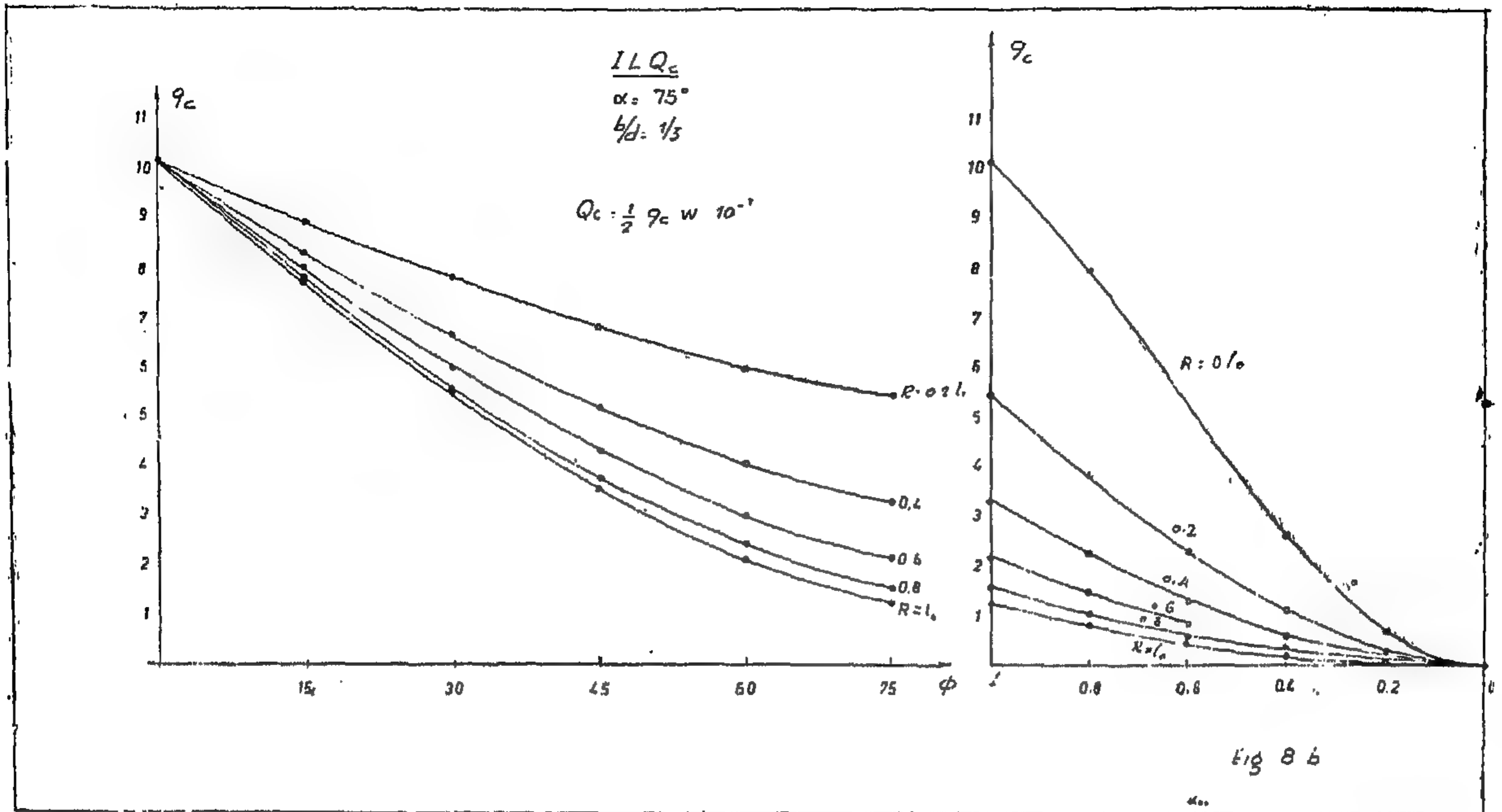
Radius of the circular part $R = 0.8 l_0 = 8.00$ m

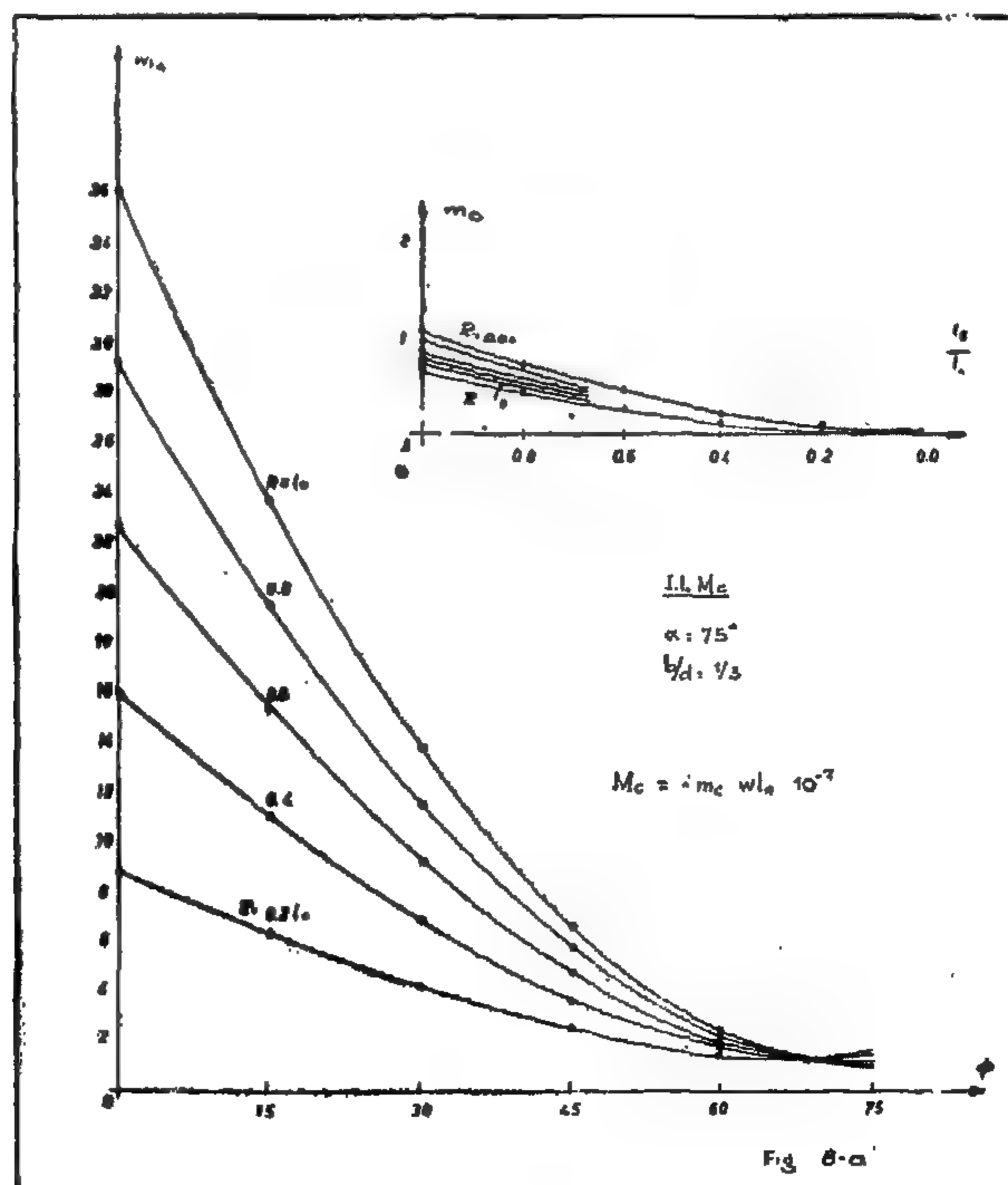
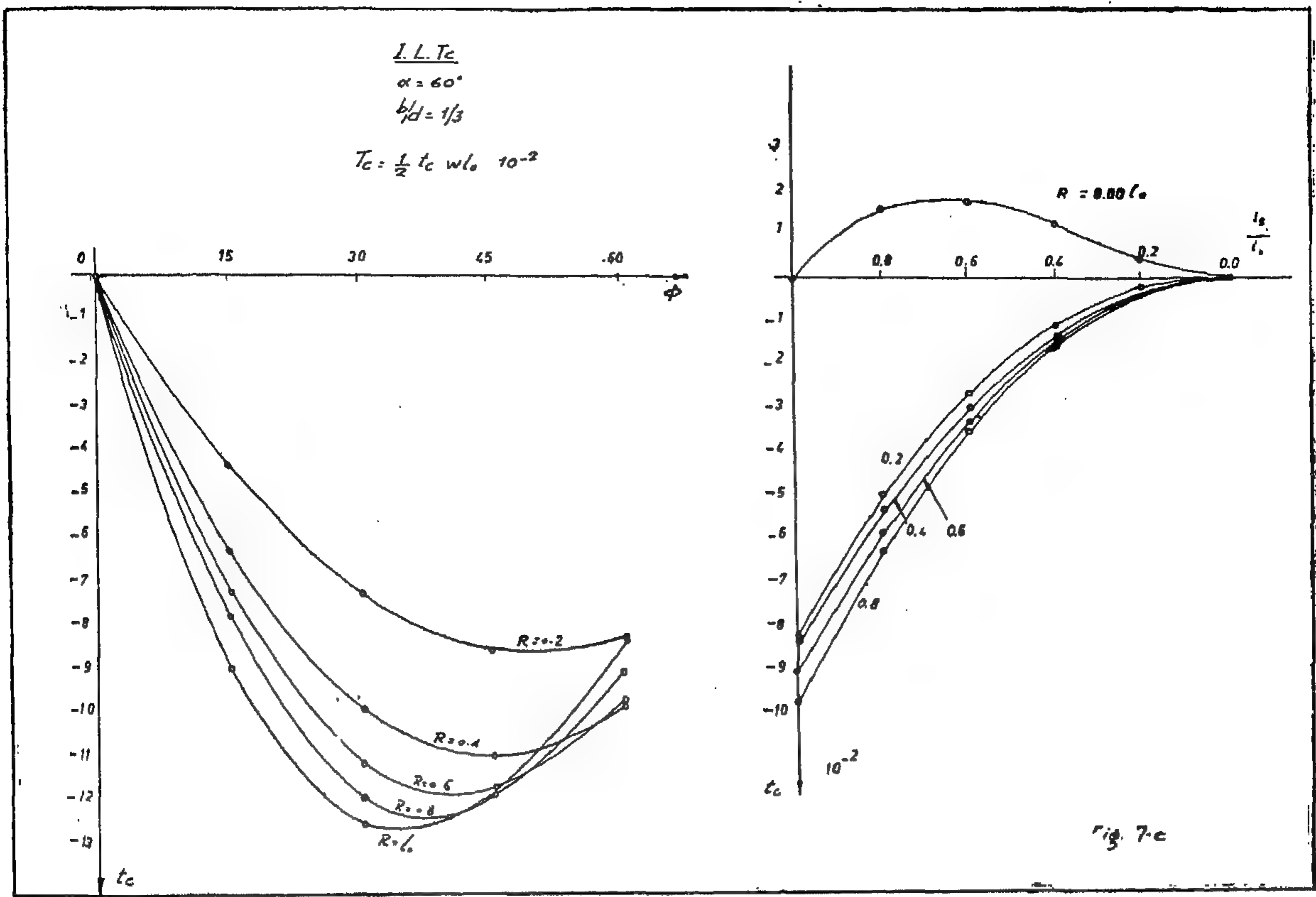
Half the subtended angle by the circular part $\alpha = 75^\circ$

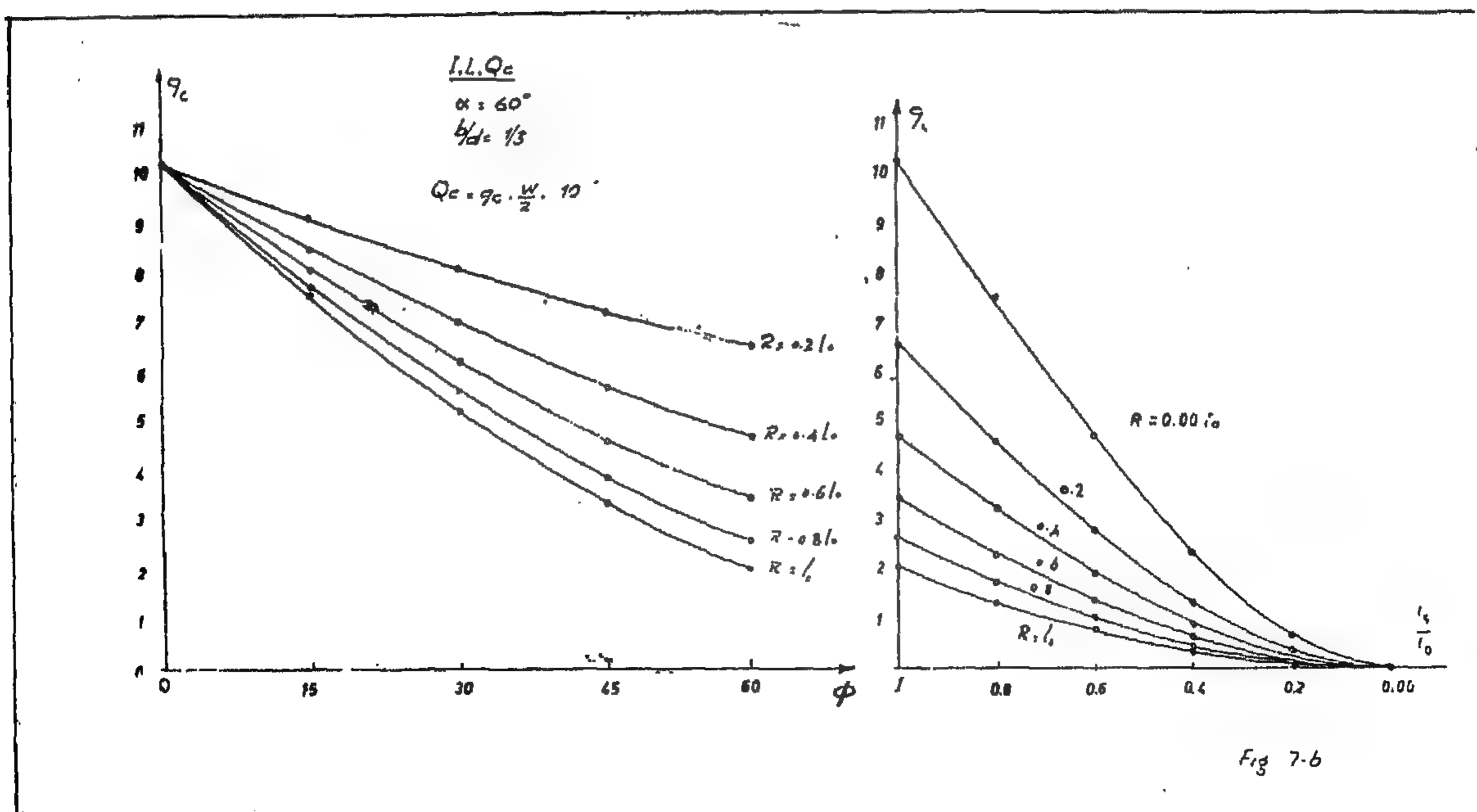
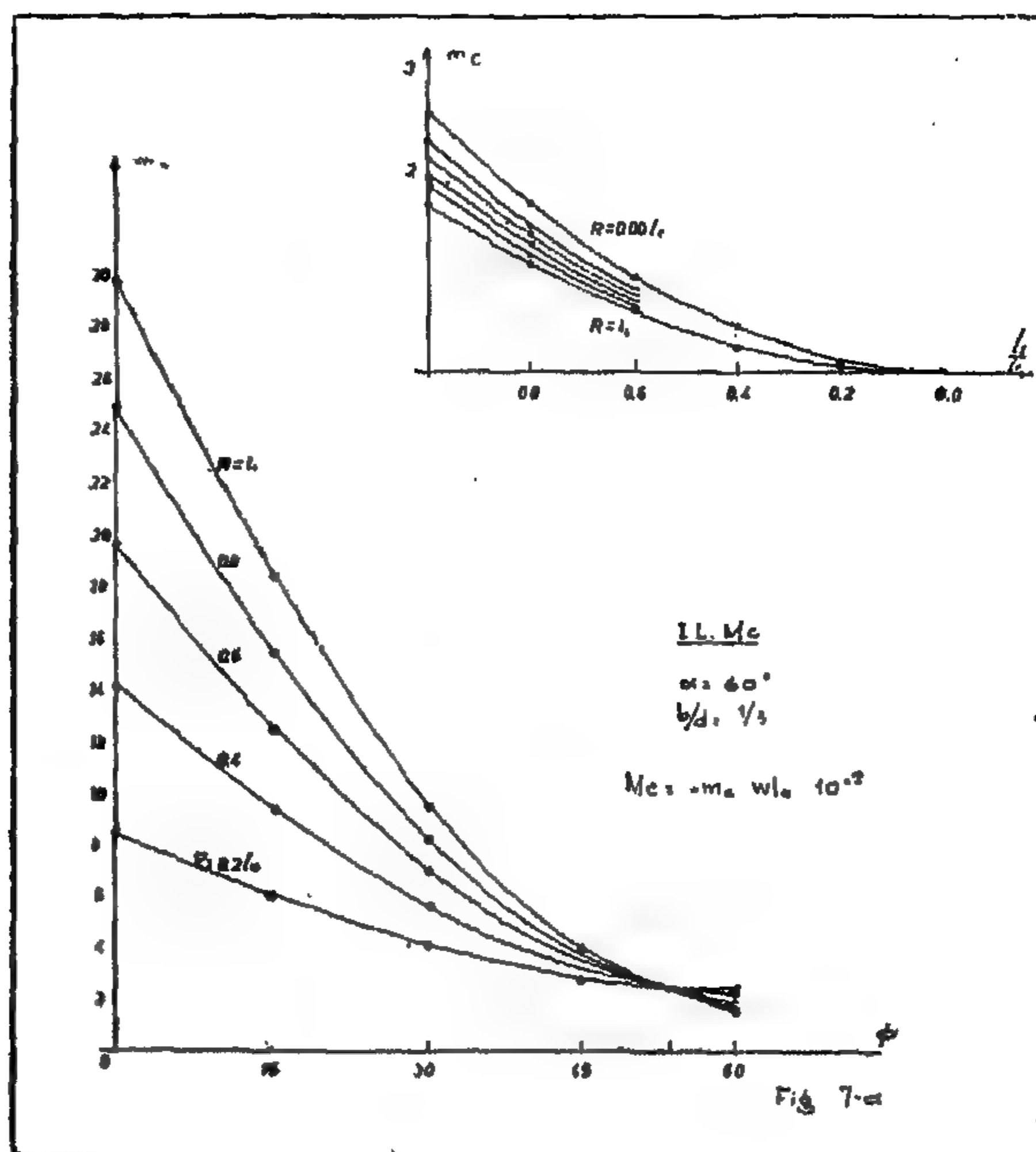
The bow girder will be assumed as subjected to a concentrated load $W = 1$ ton acting at an angle $\phi = 30^\circ$ from the centre line.

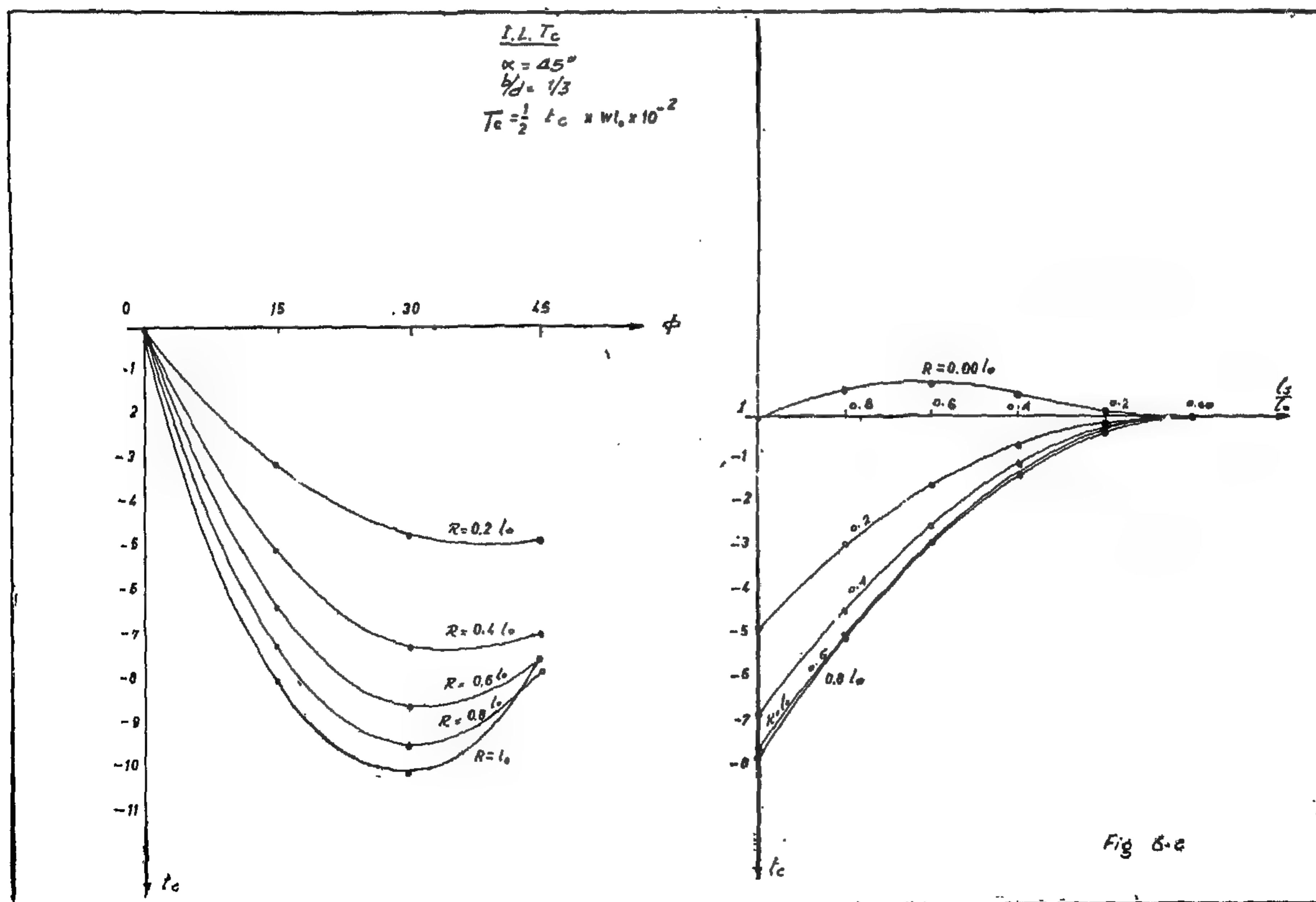
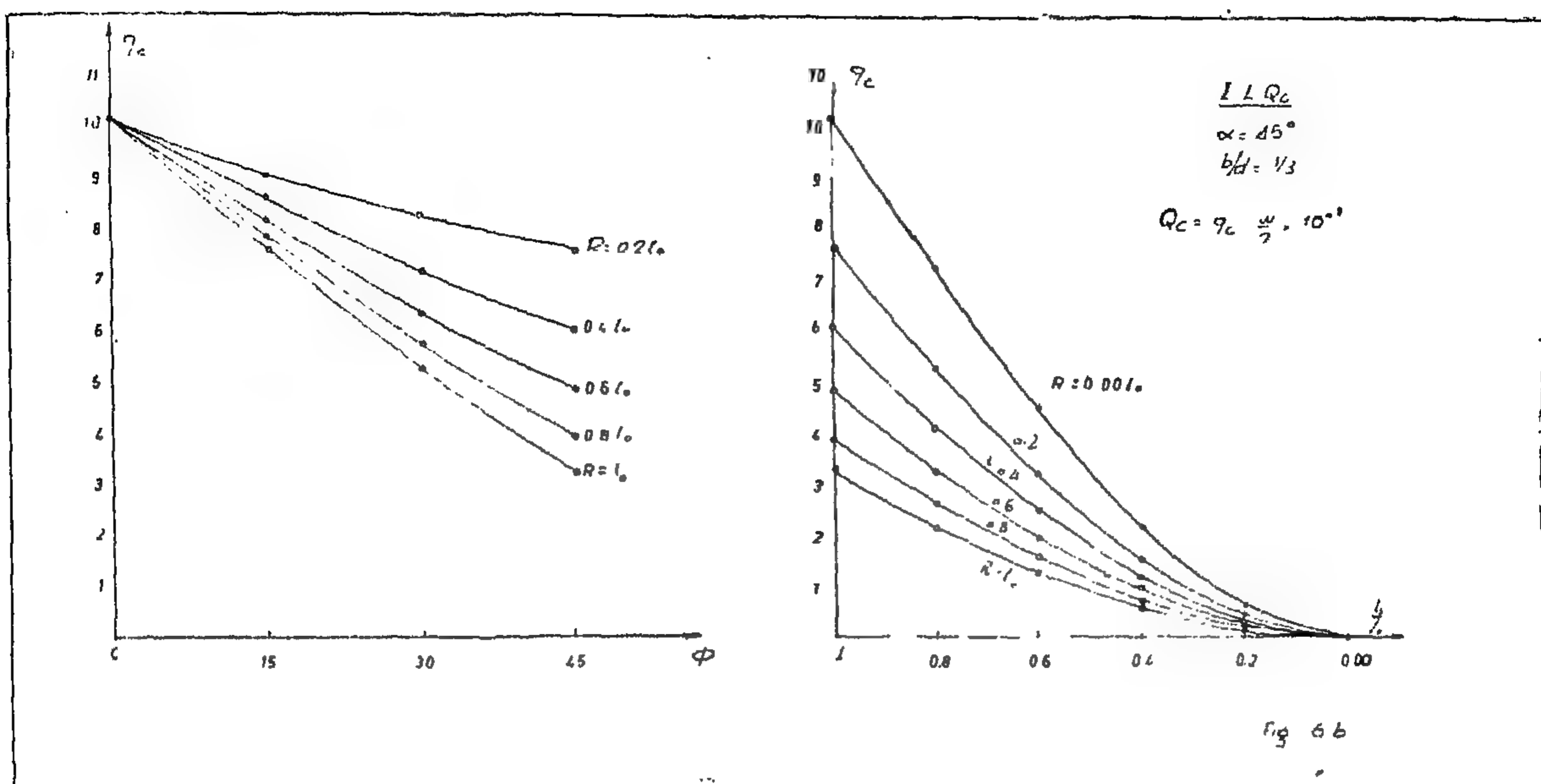
The internal forces at mid-section C, at fixed ends A & B, and at points of tangency of the circular part to the straight parts D & E are evaluated in table 1 for different section sides ratios $b/d = \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ and $\frac{1}{4}$, regarding the sign conventions indicated before.





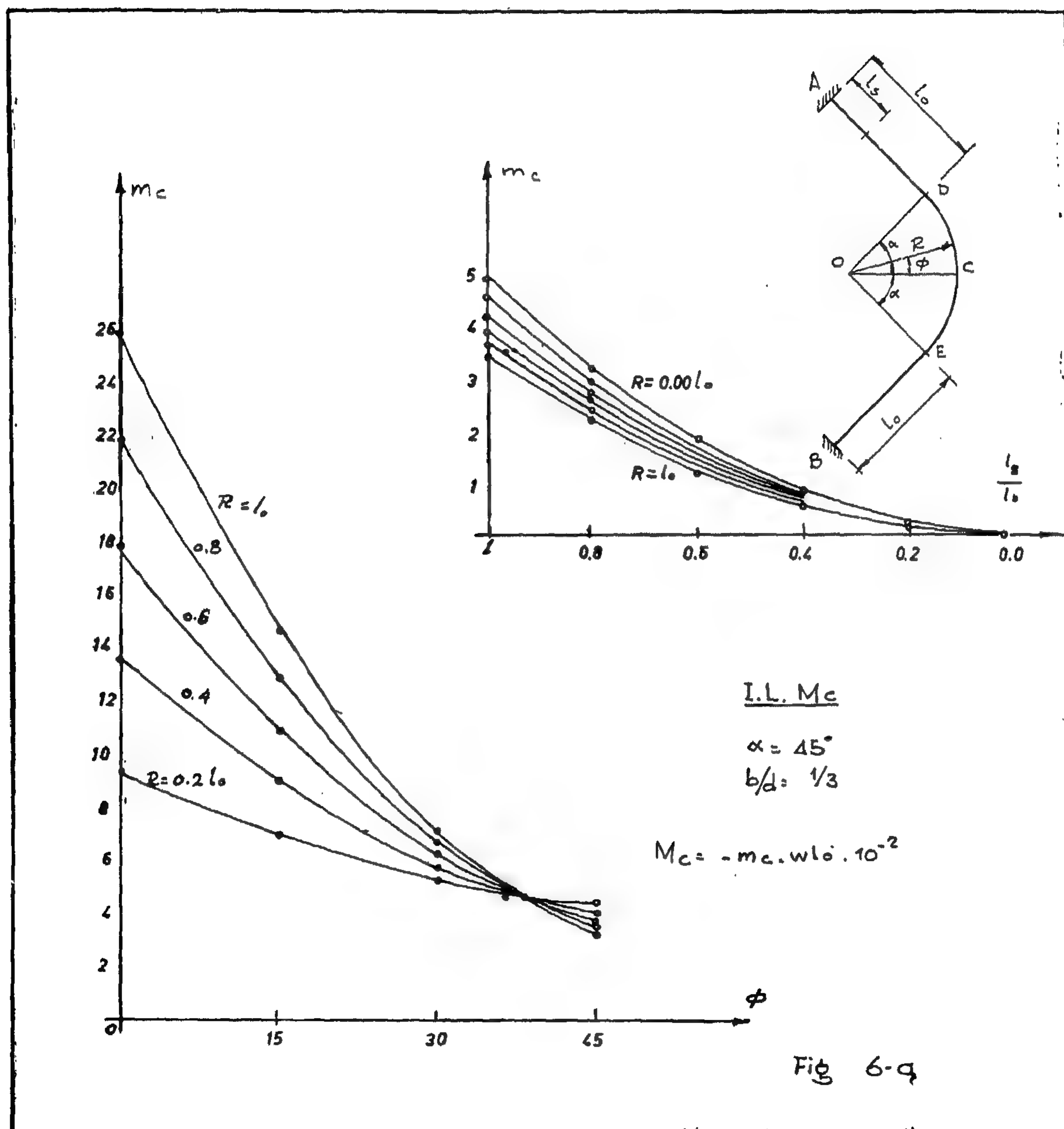






ed for a certain bow girder subtending an angle 2α by the circular part for different values of $\alpha = 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ and 90° . The

influence lines groups are shown for different shapes of bow girders regarding also the ratios of R/l_0 , as 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1.0



In the anti-symmetrical case, fig. (5c) ;

$$M_c = 0$$

$$\text{also } \Delta_c = \tau_c = 0$$

substituting these conditions in equations (19) and (20) then ;

$$T_c A_1 + Q_c B_1 + W D_1 = 0 \quad (22)$$

$$T_c A_2 + Q_c B_2 - W D_2 = 0 \quad (23)$$

where :

$$A_1 = \frac{1}{2} R \left\{ \alpha (1 + \gamma) + \frac{\sin 2\alpha}{2} (\gamma - 1) \right\}$$

$$+ l_o \left\{ 1 + \cos^2 \alpha (\gamma - 1) \right\}$$

$$B_1 = [R^2/2] [\sin \alpha \{ \cos \alpha - (\cos \alpha - 2) \gamma \} - \alpha (1 + \gamma)] - R l_o .$$

$$[1 - \cos \alpha \cdot \{ \cos \alpha + \gamma (1 - \cos \alpha) \}] - l_o^2/2 \sin \alpha$$

$$D_1 = l_o^2 \sin \alpha$$

and

$$A_2 = \gamma R (R \sin \alpha + l_o \cos \alpha) - \sin \alpha l_o^2/2$$

$$B_2 = l_o^2 (R/2 \sin \alpha + l_o/3) + \gamma R^2 \{ R (\alpha - \sin \alpha) + l_o (1 - \cos \alpha) \}$$

$$D_2 = l_o^2 (l_o - l_o/3)$$

T_c and Q_c can be now attained in the forms :

$$T_c = W \left(\frac{D_1 B_2 + D_2 B_1}{A_1 B_2 - B_1 A_2} \right) \quad (24)$$

$$Q_c = W \left(\frac{D_1 A_2 + D_2 A_1}{B_1 A_2 - D_2 A_1} \right) \quad (25)$$

The resultant actions at the girder fixed ends A are also represented as :

$$M_A = M_c \cos \alpha + 4 W l_o + T_c \sin \alpha - Q_c \{ l_o + R \sin \alpha \}$$

$$T_A = - M_c \sin \alpha + T_c \cos \alpha + Q_c R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_A = Q_c - 4 W \quad (26)$$

and the resultant actions at B are :

$$M_B = M_c \cos \alpha - T_c \sin \alpha + Q_c \{ l_o + R \sin \alpha \}$$

$$T_B = M_c \sin \alpha + T_c \cos \alpha + Q_c R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_B = Q_c \quad (27)$$

Similarly the internal forces at sections of connections D and E of the circular part of the girder with its straight parts can be attained as :

$$M_D = M_c \cos \alpha + T_c \sin \alpha$$

$$- Q_c R \sin \alpha$$

$$T_D = - M_c \sin \alpha + T_c \cos \alpha$$

$$+ Q_c R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_D = Q_c \quad (28)$$

and

$$M_E = M_c \cos \alpha - T_c \sin \alpha$$

$$+ Q_c R \sin \alpha$$

$$T_E = M_c \sin \alpha + T_c \cos \alpha$$

$$+ Q_c R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_E = Q_c \quad (29)$$

3. Influence lines of internal forces :

Equations adopted in the previous two cases, enable the evaluation of the influence lines coefficients of the internal forces at the different bow girder sections. This is of a great practical advantage for the simplification of the design instead of the application of the given equations which needs relatively more effort and time for calculation.

The evaluation of the internal forces, being dependant on the shape of the bow girder section — as previously mentioned —, a group of influence lines of an internal force at a point for the same girder can be adopted depending on the different values of the dimensionless ratio $\gamma = EI/GJ'$ corresponding to the shape of the section.

In figures (6), (7), (8) and (9), groups of influence lines are adopted for the statically indeterminate redundants M_c , Q_c and T_c at the mid section "C" of the bow girder. The given curves are plotted for the case of reinforced concrete girders of rectangular cross section with breadth depth ratio $b/d = \frac{1}{3}$, which corresponds to $\gamma = 6.48$. The groups of curves (a, b, c and eventually d), shown in each of the mentioned figures represent the influence lines for the internal actions requir-

$$\begin{aligned}
4 \mu_c EI = M_c [& 2 R \{ \alpha (1 + \gamma) + \frac{\sin 2 \alpha}{2} (1 - \gamma) \} + 4 l_0 \{ 1 + \sin^2 \alpha (\gamma - 1) \}] \\
& + T_c [4 (1 - \gamma) (R/2 \sin \alpha + l_0 \cos \alpha) \sin \alpha] + Q_c [R^2 \{ (\cos 2 \alpha - 1) \\
& - \gamma (3 - 4 \cos \alpha + \cos 2 \alpha) \} - 4 R l_0 \sin \alpha \{ \cos \alpha + \gamma (1 - \cos \alpha) \} \\
& - 2 l_0^2 \cos \alpha] + 4 W \cos \alpha l_s^2 \quad \dots \dots \dots (18)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tau_c EI = M_c [& \sin \alpha (1 - \gamma) (R/2 \sin \alpha + l_0 \cos \alpha)] + T_c [\frac{1}{2} R \{ \alpha (1 + \gamma) \\
& + \frac{\sin 2 \alpha}{2} (\gamma - 1) \} + l_0 \{ 1 + \cos^2 \alpha (\gamma - 1) \}] + \\
& + Q_c [R^2/2 \{ \sin \alpha \cos \alpha - \sin \alpha (\cos \alpha - 2) \gamma - \alpha (1 + \gamma) \} \\
& - R l_0 \{ 1 - \cos^2 \alpha - \gamma \cos \alpha (1 - \cos \alpha) \} - \sin \alpha l_0^2/2] + W \sin \alpha l_s^2 \quad (19)
\end{aligned}$$

and

$$\begin{aligned}
EI (\Delta_c + R \tau_c) = M_c [& R \gamma \{ R (\cos \alpha - 1) - l_0 \sin \alpha \} - \cos \alpha l_0^2/2] \\
& + T_c [\gamma R (R \sin \alpha + l_0 \cos \alpha) - \sin \alpha l_0^2/2] + Q_c [l_0^3 (R/2 \sin \alpha + l_0/3) \\
& + \gamma R^2 \{ R (\alpha - \sin \alpha) + l_0 (1 - \cos \alpha) \}] - W l_s^2 (l_0 - l_s/3) \quad (20)
\end{aligned}$$

b. *The totally fixed circular bow girder with straight ends:*

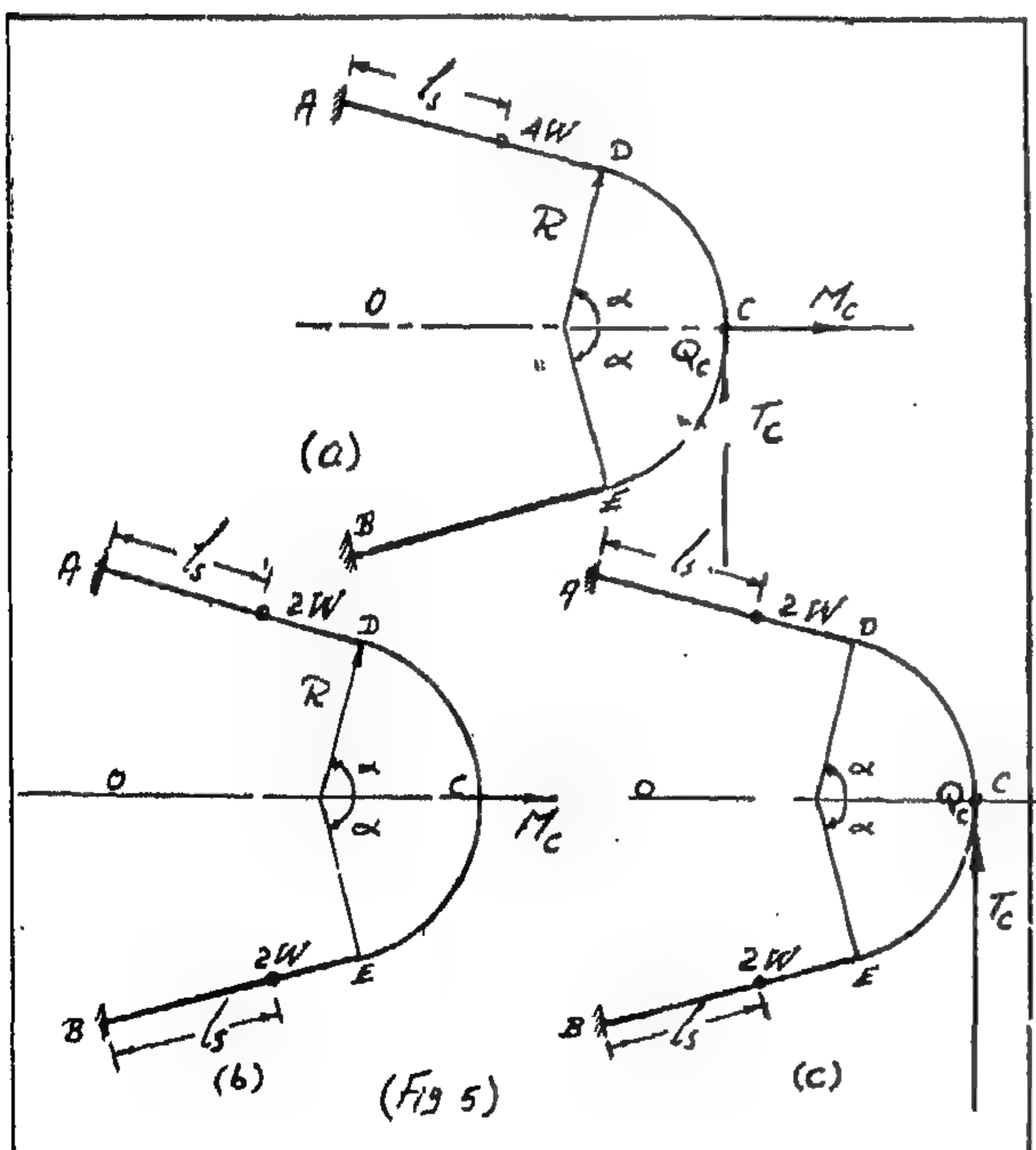


Fig. (5) shows such a girder with its circular part subtending an angle 2α at the centre, and carrying a single concentrated load $4 W$ on the straight part at a distance " l_s " from the fixed end.

Similarly as before, an analysis may be made by a straight forward application of the method of superposition of a symmetrical and an antisymmetrical case of loading. These are dealt with separately and the results are added algebraically to obtain the complete solution required.

In the symmetrical case of loading, fig. (5b);

$$T_c = Q_c = 0$$

and since there is no rotation at the centre section in the plane of action of M_c then,

$$\mu_c = 0$$

Substituting these conditions in equation (18) then,

$$M_c = \frac{-4 W \cos \alpha l_s^2}{2 R \{ \alpha (1 + \gamma) + \frac{\sin 2 \alpha}{2} (1 - \gamma) \} + 4 l_0 \{ 1 + \sin^2 \alpha (\gamma - 1) \}} \quad (21)$$

From which T_c and Q_c can be put in the form:

$$T_c = 2 W \cdot \frac{D_2 B_1 - 2 D_1 B_2}{A_1 B_2 - B_1 A_2} \quad (12)$$

$$Q_c = 2 W \cdot \frac{D_2 A_1 - 2 D_1 A_2}{B_1 A_2 - B_2 A_1} \quad (13)$$

Thus M_c , T_c and Q_c obtained from equations (9), (12) & (13) represent finally the required redundants at section "C".

The resultant actions at the girder fixed ends "A" and "B" can be now simply attained either regarding directly the actual acting loading (fig. 3a), or by superposition of the two equivalent cases of symmetrical and anti-symmetrical loadings.

These are attained as :

$$M_A = M_c \cos \alpha + 4 W \{ l_o + R \sin (\alpha - \Phi) \} + T_c \sin \alpha - Q_c \{ l_o + R \sin \alpha \}$$

$$T_A = - M_c \sin \alpha + T_c \cos \alpha - 4 W R \{ 1 - \cos (\alpha - \Phi) \} + Q_c R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_A = Q_c - 4 W \dots \dots \dots (14)$$

and

$$M_B = M_c \cos \alpha - T_c \sin \alpha + Q_c \{ l_o + R \sin \alpha \}$$

$$T_B = M_c \sin \alpha + T_c \cos \alpha + Q_c R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_B = Q_c \quad (15)$$

Similarly the internal forces at sections of connection D and E of the circular part of the girder with its straight parts, can be expressed as :

$$M_D = M_c \cos \alpha + W R \sin \alpha - \Phi + T_c \sin \alpha - Q_c R \sin \alpha$$

$$T_D = - M_c \sin \alpha - 4 W R \{ 1 - \cos (\alpha - \Phi) \} + T_c \cos \alpha + Q_c R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_D = Q_c - 4 W \quad (16)$$

and

$$M_E = M_c \cos \alpha - T_c \sin \alpha + Q_c R \sin \alpha$$

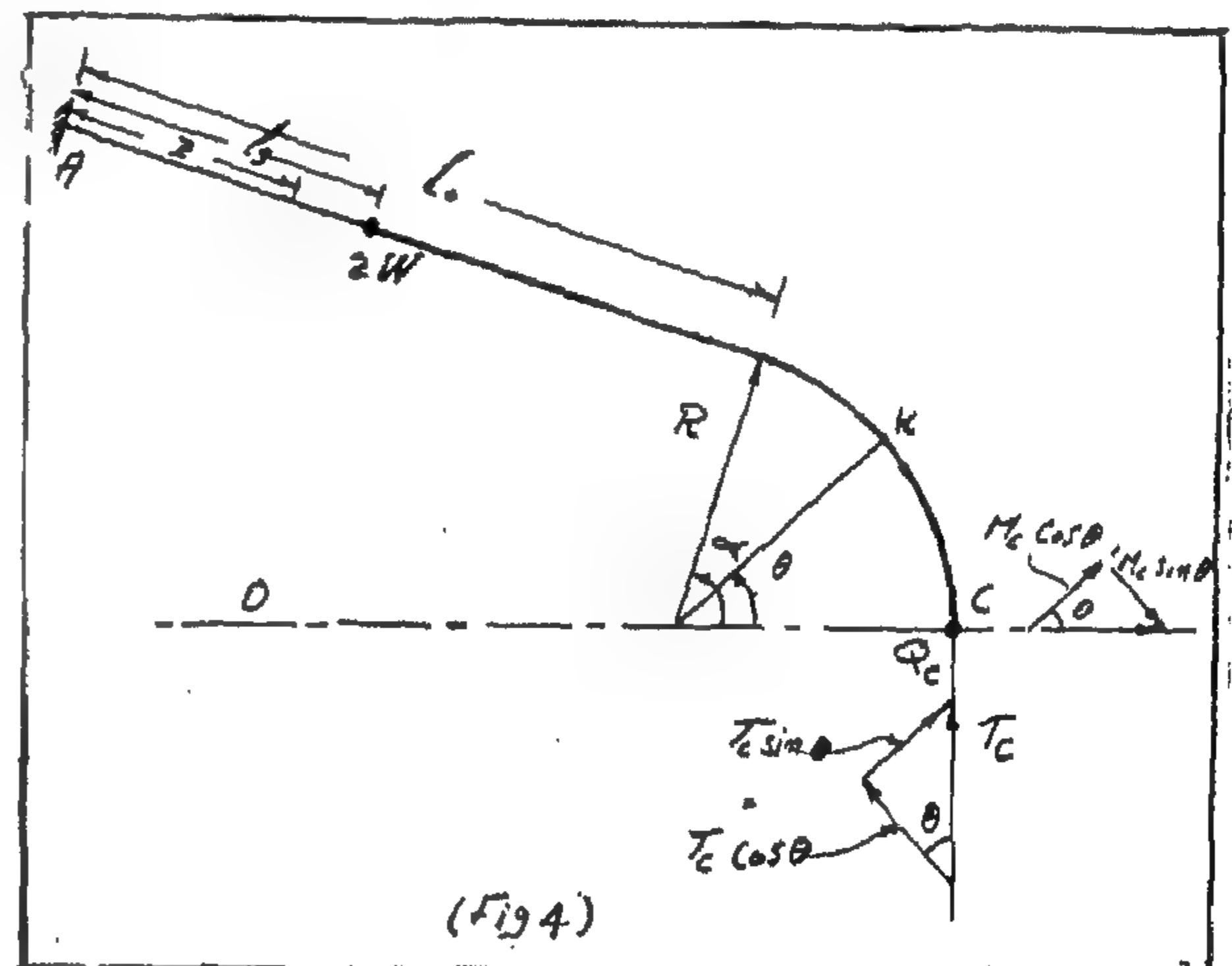
$$T_E = M_c \sin \alpha + T_c \cos \alpha + Q_c R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_E = Q_c \quad (17)$$

2. The circular bow girder tangential to two straight parts and fixed at their ends under a concentrated load on the straight part of the girder :

Similarly, the solution is carried out here in two steps ; namely calculating the deformations of the main system and then applying these to the final solution as follows :

- a. Deformations of the free end of the circular are cantilever ending with straight part :



The shown cantilever in (fig. 4) carries a load $2 W$ acting downwards at a distance l , from the fixed end, while the free end "C" of the girder is subjected to a bending moment M_c , a torsional moment T_c and an upward vertical force Q_c .

Proceeding in the same way as before (case 1-a), the following results, in which $\gamma = \frac{EI}{GJ'}$, represent the equations for the deformations at the free end of the cantilever :

3c). These are dealt with separately and the results are added algebraically to obtain the complete solution required.

In the symmetrical system, fig. (3b), two equal loads $2W$ each, are considered acting downwards at the same distance Φ from the centre line OC. Due to symmetry the resultant actions at the mid-section "C" reduce simply to a bending moment M_c . Both the torsional moment T_c and the shearing force Q_c at section "C" in this case are Zero. In the antisymmetrical system, fig. (3C), a load $2W$ is considered acting downwards on the part CA of the girder at an angular distance Φ from OC; while at the same time an upward load $2W$ is considered acting on the part CB at the same distance Φ from OC. In this case, the mid section "C" will be totally free from bending moment and only will be subjected to a torsional moment T_c and a shearing force Q_c .

Considering now the symmetrical case, (fig. 3b), no rotation can happen at the centre section in the plane of action of M_c .

Thus $\mu_c = 0$, furthermore $T_c = Q_c = 0$.

substituting these conditions in equation (6), the bending moment M_c is thus obtained as :

$$\begin{aligned} M_c &= -4 W [R^2 \{ \sin \alpha \cdot \sin (\alpha - \Phi) (1 - \gamma) - \sin \Phi (\alpha - \Phi) (1 + \gamma) \\ &= \gamma (2 \cos \Phi - 2 \cos \alpha) \} + 2 l_o R \cos \alpha \cdot \sin (\alpha - \Phi) + l_o^2 \cos \alpha \\ &+ 2 R l_o \gamma \sin \alpha \{ 1 - \cos (\alpha - \Phi) \}] / [R \{ \sin 2 \alpha (1 - \gamma) + 2 \alpha (1 + \gamma) \} \\ &+ 4 l_o \{ 1 - \sin^2 \alpha (1 - \gamma) \}] \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots (9) \end{aligned}$$

In the anti-symmetrical case, (fig. 3C), there is neither rotation in the direction of torsion at the centre section of the girder nor vertical displacement at the same section; thus;

$$T_c = \Delta_c = 0 \quad \text{and furthermore } M_c = 0$$

substituting these conditions in equations (7) and (8), then :

$$T_c A_1 + Q_c B_1 + 4 W D_1 = 0 \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots (10)$$

$$\text{and } T_c A_2 + Q_c B_2 + 2 W D_2 = 0 \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots (11)$$

$$\text{where } A_1 = R \{ 2 \alpha (\gamma + 1) + \sin 2 \alpha (\gamma - 1) \} + 4 l_o \{ 1 + \cos^2 \alpha (\gamma - 1) \}$$

$$\begin{aligned} B_1 &= R^2 \{ (\gamma - 1) (2 \alpha - \sin 2 \alpha) - 4 \gamma (\alpha - \sin \alpha) - 2 l_o \{ l_o \sin \alpha \\ &+ 2 R \sin^2 \alpha - 2 \gamma \cos \alpha (1 - \cos \alpha) \cdot R \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_1 &= R^2 [\cos \Phi \cdot (\alpha - \Phi) - \cos \alpha \cdot \sin (\alpha - \Phi) - \gamma \{ 2 \sin \alpha \\ &- 2 \sin \Phi - (\alpha - \Phi) \cos \Phi - \cos \alpha \sin (\alpha - \Phi) \}] + l_o \cdot \\ &\cdot [2 R \sin \alpha \cdot \sin (\alpha - \Phi) + l_o \sin \alpha - \{ 1 - \cos (\alpha - \Phi) \} \\ &\cdot 2 R \gamma \cos \alpha]. \end{aligned}$$

and

$$A_2 = R \gamma \{ R \sin \alpha + l_o \cos \} - \sin \alpha l_o^2 / 2$$

$$B_2 = l_o^2 \cdot \{ R / 2 \sin \alpha + l_o / 3 \} + R^2 \gamma \{ R (\alpha - \sin \alpha) + l_o (1 - \cos \alpha) \}$$

$$\begin{aligned} D_2 &= l_o^2 \{ - l_o / 3 - R / 2 \sin (\alpha - \Phi) - \gamma R^2 [R (\alpha - \Phi) - R \sin (\alpha - \Phi) \\ &+ l_o \{ 1 - \cos (\alpha - \Phi) \}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \cdot (\gamma-1) - 4\gamma(1-\cos\alpha) - 4\gamma R l_0 \sin\alpha(1-\cos\alpha) - \\
 & - 2l_0 \{ l_0 \cos\alpha + R \sin 2\alpha + 4W [R^2 \{ \sin\alpha \sin(\alpha-\Phi) - \\
 & \sin\Phi \cdot (\alpha-\Phi) \} + \gamma R^2 \{ 2\cos\Phi - 2\cos\alpha - \sin\alpha \cdot \sin(\alpha-\Phi) \\
 & - \sin\Phi \cdot (\alpha-\Phi) \} + 2l_0 R \cos\alpha \cdot \sin(\alpha-\Phi) + l_0^2 \cos\alpha + \\
 & + 2R l_0 \gamma \sin\alpha \{ 1-\cos(\alpha-\Phi) \}] \quad \dots \dots \dots (6)
 \end{aligned}$$

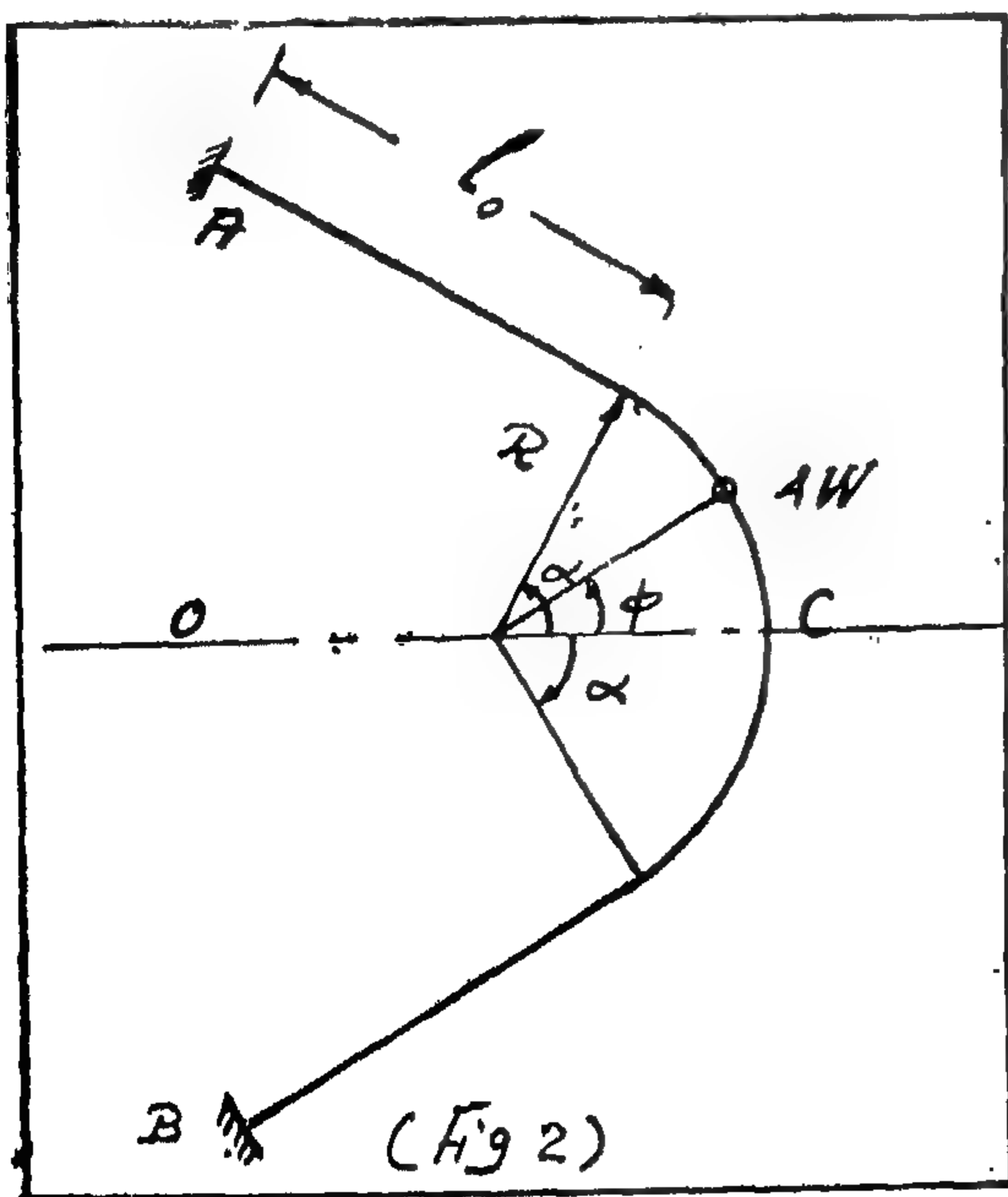
$$\begin{aligned}
 4EI \tau_c = & M_c (\gamma-1) \{ R (\cos 2\alpha - 1) - 2l_0 \sin 2\alpha \} + T_c [R \{ 2\alpha (\gamma+1) \\
 & + \sin 2\alpha (\gamma-1) \} + 4l_0 \{ 1 + \cos^2\alpha (\gamma-1) \}] + Q_c [R^2 \{ (\gamma-1) \cdot \\
 & (2\alpha - \sin 2\alpha) - 4\gamma (\alpha - \sin\alpha) \} - 2l_0 \{ l_0 \sin\alpha + 2R \sin^2\alpha \\
 & - 2\gamma R \cos\alpha (1-\cos\alpha) \}] + 4W [R^2 \{ \cos\Phi \cdot (\alpha-\Phi) - \cos\alpha \sin(\alpha-\Phi) \} \\
 & - \gamma R^2 \{ 2\sin\alpha - 2\sin\Phi - (\alpha-\Phi) \cos\Phi - \cos\alpha \cdot \sin(\alpha-\Phi) \} \\
 & + l_0 \{ 2R \sin\alpha \cdot \sin(\alpha-\Phi) + l_0 \sin\alpha \} - 2R l_0 \gamma \cdot \cos\alpha \{ 1-\cos(\alpha-\Phi) \}] \quad (7)
 \end{aligned}$$

and

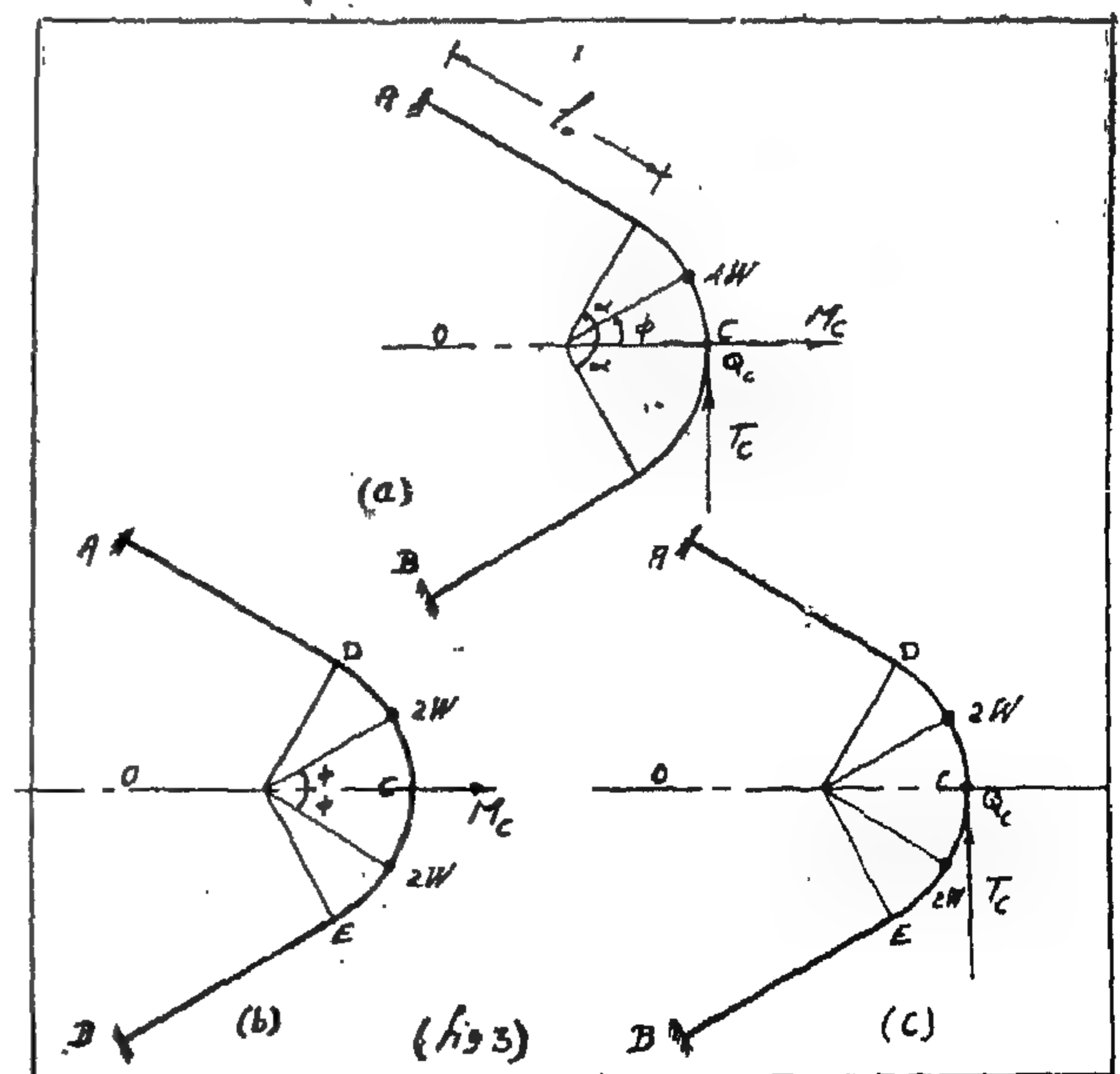
$$\begin{aligned}
 \Delta_c EI = & -EI \tau_c R + M_c [\gamma R \{ R (\cos\alpha - 1) - \cos\alpha l_0^2/2 \} \\
 & + T_c [R \gamma \{ R \sin\alpha + l_0 \cos\alpha \} - \sin\alpha l_0^2/2] \\
 & + Q_c [l_0^2 \cdot (R/2 \sin\alpha + l_0/3) + R^2 \gamma \{ R (\alpha - \sin\alpha) + l_0 \cdot \\
 & (1 - \cos\alpha) \}] + 2W [l_0^2 \cdot \{ -l_0/3 - R/2 \sin(\alpha-\Phi) \} - \gamma R^2 \{ R (\alpha - \Phi) \\
 & - R \sin(\alpha-\Phi) + l_0 (1-\cos(\alpha-\Phi)) \}] \quad \dots \dots \dots (8)
 \end{aligned}$$

(b) *The totally fixed circular bow girder with straight ends.*

Fig. (2) shows such a girder in which the circular part subtending an angle 2α at the centre and carrying a single concentrated load $4W$ on any point of the circular part, at an angular distance Φ from the mid-point "C"



The girder is three times statically indeterminate since it can be still in equilibrium if it is cut at any section. If the three redundant elements are considered at such section as bending moment, torsional moment and shearing force, an analysis may be made by superposition, by applying the loading in both a symmetrical and anti-symmetrical equivalent systems as shown in fig. (3b and



acting downwards at an angular distance Φ from OC, so as to a bending M_c , a torsional moment T_c and an upward vertical force Q_c acting all together at the free end C. Bending moment M_c will be taken positive when it tends to convex the beam upward \curvearrowright . Torsional moment T_c will be taken as positive when it produces clockwise rotation of the section C viewed from the free end. Shearing forces Q_c will be taken as positive when it tends to raise the free end "C".

The shown vectors of the moments in fig. (1) indicates the axis about which the moments rotates clockwise when viewed along the direction of the arrow.

At any point K on the circular part, at an angular distance Θ from OC, the resultant actions consist of a bending moment M_k , a torsional moment T_k and a shearing force Q_k given by the expressions :

$$\left. \begin{aligned} M_k &= M_c \cos \Theta + T_c \sin \Theta + 2 WR \sin (\Theta - \Phi) - Q_c \sin \Theta \cdot R \\ T_k &= -M_c \sin \Theta + T_c \cos \Theta - 2 WR \{ 1 - \cos (\Theta - \Phi) \} + Q_c \cdot R (1 - \cos \Theta) \\ Q_k &= Q_c - 2 W \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

while at any point S on the straight part, the resultant actions are :

$$\left. \begin{aligned} M_s &= M_c \cos \alpha + T_c \sin \alpha + 2 WR \sin (\alpha - \Phi) - Q_c R \sin \alpha + (2 W - Q_c) (l_0 - Z) \\ T_s &= -M_c \sin \alpha + T_c \cos \alpha - 2 WR \{ 1 - \cos (\alpha - \Phi) \} + Q_c \cdot R (1 - \cos \alpha) \\ Q_s &= Q_c - 2 W \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

The strain energy equation can be written as :

$$U = \int \frac{M^2 \cdot ds}{2 EI} + \int \frac{T^2 \cdot ds}{2 GJ} + \int \frac{Q^2 \cdot ds}{2 AJ} \quad , \text{ where the symbol } \int \text{ means integration}$$

Differentiating the strain energy of the beam with respect to the straining action at the free end, the deformations of this end will be obtained. The contribution to the total energy due to shear is very small and thus its effect will be neglected.

The angular movement μ_c of the end C in the direction of M_c is given by :

$$\mu_c = \frac{\partial U}{\partial M_c} = \frac{1}{EI} \int M \frac{\partial M}{\partial M_c} \cdot ds + \frac{1}{GJ} \int T \frac{\partial T}{\partial M_c} \cdot ds \quad (3)$$

while the clockwise rotation τ_c of the end C in direction of T_c can be written as follows :

$$\tau_c = \frac{\partial U}{\partial T_c} = \frac{1}{EI} \int M \frac{\partial M}{\partial T_c} \cdot ds + \frac{1}{GJ} \int T \frac{\partial T}{\partial T_c} \cdot ds \quad (4)$$

and the upward vertical displacement Δ_c of the cantilever end :

$$\Delta_c = \frac{\partial U}{\partial Q_c} = \frac{1}{EI} \int M \frac{\partial M}{\partial Q_c} \cdot ds + \frac{1}{GJ} \int T \frac{\partial T}{\partial Q_c} \cdot ds \quad (5)$$

Thus the deformations can be finally attained as :

$$\begin{aligned} 4EI \mu_c &= M_c [R \{ \sin 2 \alpha (1 - \gamma) + 2 \alpha (1 + \gamma) \} + 4 l_0 \{ 1 - \sin^2 \alpha (1 - \gamma) \}] \\ &\quad - T_c [(\gamma - 1) \{ R (1 - \cos 2 \alpha) + 2 l_0 \sin 2 \alpha \}] + Q_c [R^2 \{ (1 - \cos 2 \alpha) \}] \end{aligned}$$

From these two cases, influence lines for the internal forces can be evaluated for any section in the girder, which means offering the possibility of determination of internal forces for any group or combination of loads.

Next to these, the particular case of uniformly distributed load is directly investigated and the solution is presented.

The solutions adopted are based, at first, on the assumption that the girder has a circular cross section, for which torsional stiffness is GJ , where J is the cross sectional polar moment of inertia. However, the same obtained equations can be applied for bow girders of rectangular cross sections under the same conditions of loading. In this case, only J has to be modified by an equivalent second moment of inertia J' according to St. Venant's known formula :

$$J' = \frac{A^4}{40 J}$$

where :

J' = the equivalent torsional second moment of inertia for the rectangular section.

For a rectangular cross section of breadth b and depth d :

A = cross sectional area = $b \cdot d$

J = polar second moment of inertia

$$= \frac{bd^3 + db^3}{12}$$

then :

$$J' = \frac{3}{10} \cdot \frac{b^3 d^3}{d^2 + b^2}$$

and the relation $\gamma = \frac{EI}{GJ}$ will be expressed

for a rectangular section in the form :

$$\gamma = \frac{EI}{GJ'} = \frac{E}{G} \cdot \left[\frac{10}{36} \left(1 + \frac{d^2}{b^2} \right) \right]$$

With lateral coefficient of contraction (poisson's ratio) $\nu = 1/6$ for reinforced concrete, the ratio of modulus of elasticity E to the shear modulus G is taken.

$$\frac{E}{G} = 2(1 + \nu) = 2.3333$$

and thus, the ratio γ is to be taken for rectangular sections in the form :

$$\gamma = 0.6482 \left(1 + \frac{d^2}{b^2} \right)$$

which depends on the rectangular section side ratios.

For	$d = b$	$\gamma = 1.296$
for	$d = 2b$	$\gamma = 3.241$
for	$d = 3b$	$\gamma = 6.482$
and for	$d = 4b$	$\gamma = 11.02$

1. *The circular bow girder tangential to two straight parts and fixed at their ends under a concentrated load acting on the circular part of the girder.*

For the solution of this case, it is convenient first to consider the behaviour of the circular cantilever arc ending with a straight part under a concentrated load on the curved part of it as a main system, to obtain expressions for the resulting deformations at its free end. The results obtained will be next applied for the analysis required for the bow girder with which this paper deals. Accordingly, the solution will be represented next in two steps :

- (a) *Deformations of the free end of the circular arc cantilever ending with straight part :*

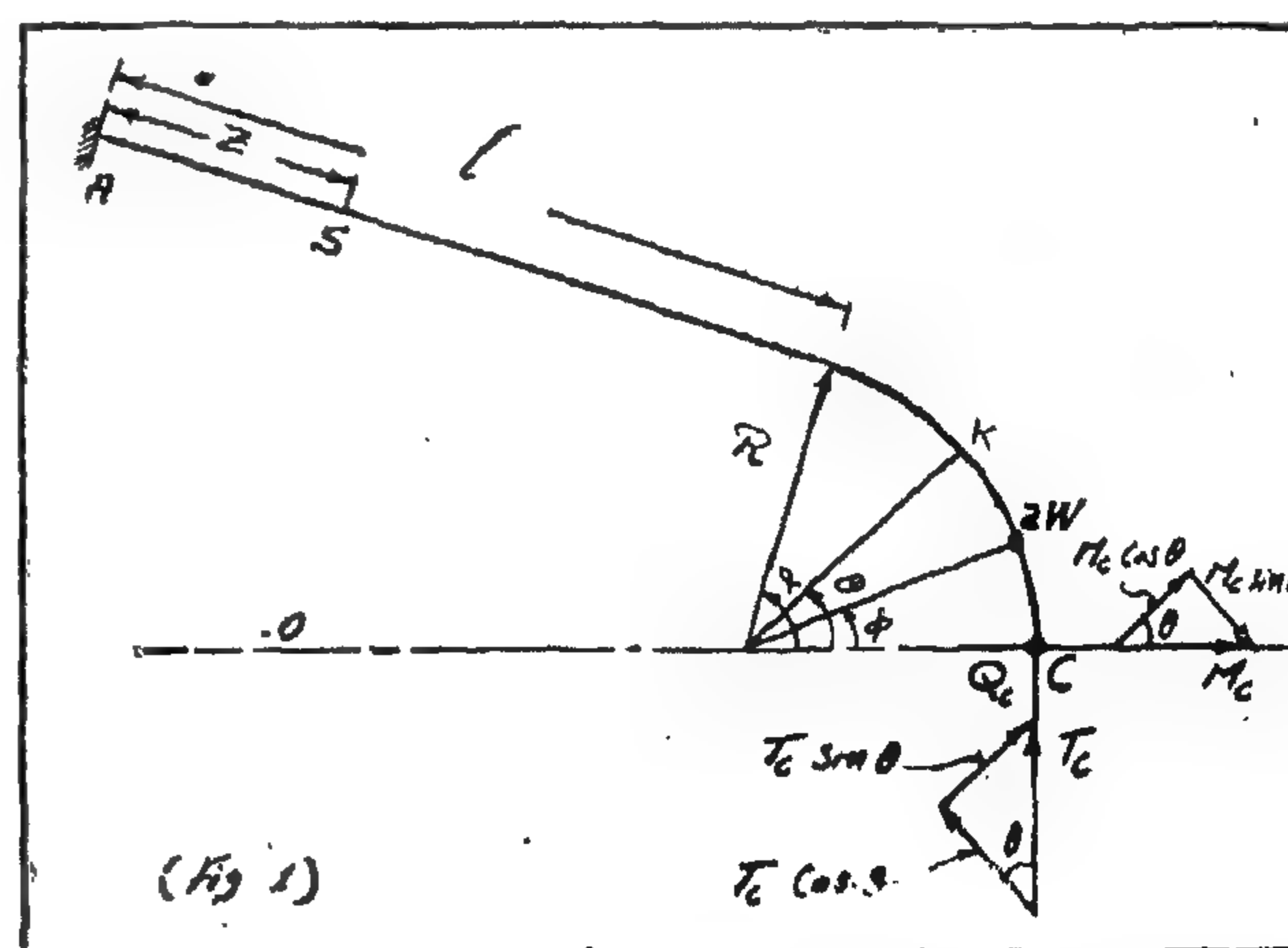


Fig. (1) represents the assumed cantilever AC having a circular part of radius R firmly held at "A". The cantilever is considered to be subjected to a concentrated load "2W"

J	= Polar moment of inertia of a bow girder rectangular section about C.G. of section.
J'	= Modified polar moment of inertia.
E	= Modulus of elasticity.
G	= Shear modulus.
γ	= Dimensionless ratio $= \frac{EI}{GJ'}$
R	= Radius of the circular part of the bow girder.
l_0	= Length of the straight part of the bow girder.
l_s	= Perimeter determining the position of the concentrated load on the straight part.
Φ	= Perimeter determining the position of the concentrated load on the circular part.
α	= Half the angle subtended by the circular part of the girder.
ν	= Poission ration (provided $= 1/6$ for reinforced concrete).
$M_c, T_c \text{ \& } Q_c$	= The bending moment, the torsional moment and the shearing force respectively at the centre section "C" of the bow girder.
M_D, T_D	= The bending moment and the torsional moment respectively at the point of tangency "D" of the circular part to that of the straight part of the bow girder.
M_A, T_A	= The bending moment and the torsional moment respectively at the fixed end "A" of the bow girder.
μ_c	= The deformation at the centre section "C" of the bow girder in the plane of M_c , due to a bending moment M_c at "C".
Δ_c	= The deformation at the centre section "C" in the direction normal to the axis of the bow girder due to a shearing force Q_c at "C".
τ_c	= The deformation at the centre section "C" of the bow girder in the direction of T_c due to a torsional moment T_c at C.
W	= Concentrated load.
w	= Uniform load per unit length.
\int	= Symbol of integration.

III. STATICAL ANALYSIS

In order to cover the statical requirements of such bow girders, the two next cases are investigated :

1. The action of a concentrated load on the circular part of the girder.
2. The action of a concentrated load on the straight parts of the girder.

CIRCULAR BOW GIRDERS TANGENTIAL TO TWO STRAIGHT PARTS AND FIXED AT THEIR FAR ENDS

By

Dr. MOHAMED M. EL-HASHIMY

Dr. Sc. Techn.

Assist. Professor of Reinforced Concreta

and

A. S. MAHDY

M.Sc., Structural Engineer

Faculty of Engineering, Assiut University

I. INTRODUCTION

The problem of fixed circular curved beams has been the object of many an investigation. The solution involved the use of the strain energy method.

Beams curved in plan are frequently met with in buildings as well as in special engineering structures. Such beams, termed bow girders, are subjected to the usual gravitational loads acting at right angles to the plane of their curved axis. A circular curved beam fixed at its ends is three times statically indeterminate.

Circular bow girders fixed at ends have been previously investigated in more than a paper. However, the problem of circular curved beams tangential to two straight parts and fixed at their far ends are almost entirely avoided or just dealt with in case of such beams having simple supports at the points of tangency and with the far ends simply sup-

ported, which renders the problem to a statically determinate system in case of symmetry.

The main object of this paper, is to establish the expressions and relations enabling the solution of the circular bow girder tangential to two straight parts fixed at their far ends. The solution involves establishing the general equations for the redundants and the straining actions at any section by making use of the strain energy method.

In order to simplify the evaluation of the internal forces, which seems somewhat laborious for the designer, these and corresponding influence lines are calculated and represented in tables and curves form. These are calculated for different shapes of girders both in plan and section. This is carried out for different values of subtended angle 2α , different ratios of the radius R to the straight part length, " l ," of the girder, and for different shapes of section. A number of these curves will be presented next in this paper.

II. NOTATIONS

- | | |
|---|---|
| A | = Area of cross-section of the bow girder. |
| b | = Breadth of the section of the bow girder. |
| d | = Depth of the section of the bow girder. |
| I | = Moment of inertia of a bow girder rectangular section about the axis passing through the C.G. of section. |

EDITING COMMITTEE

Prof. Dr. MAHMOUD TALAAT,

Chairman

Dr. AHMED A. EL-ERIAN

Editor in Chief

Eng. EZZ EL-DIN FARAG

Dr. FOUAD BAHGAT

Eng. HASSAN T. EL AROUSY

Editors

Eng. HAMED EL-KADDAH

Treasury.

Dr. AHMED GENEDI

Eng. KAMEL MAKSOOD

Eng. SALAH AMER

Dr. TAHER EL-HADIDI

Supervising Committee.

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretarial at the address of the Engineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T.60 per annum.

Subscription for others P.T.200 per annum.

HEAD OFFICE

Cairo : Egyptian Society of Engineers,
28. Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

Sole agents for advertisements to be inserted in this periodical :

Moassasset Misr for Printing and Publication,
14, Zaki Str., Tawfikieh, Cairo.
Tel. 51601.

JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

VOL., III — No. 4 — Oct. Nov. Dec. 1964

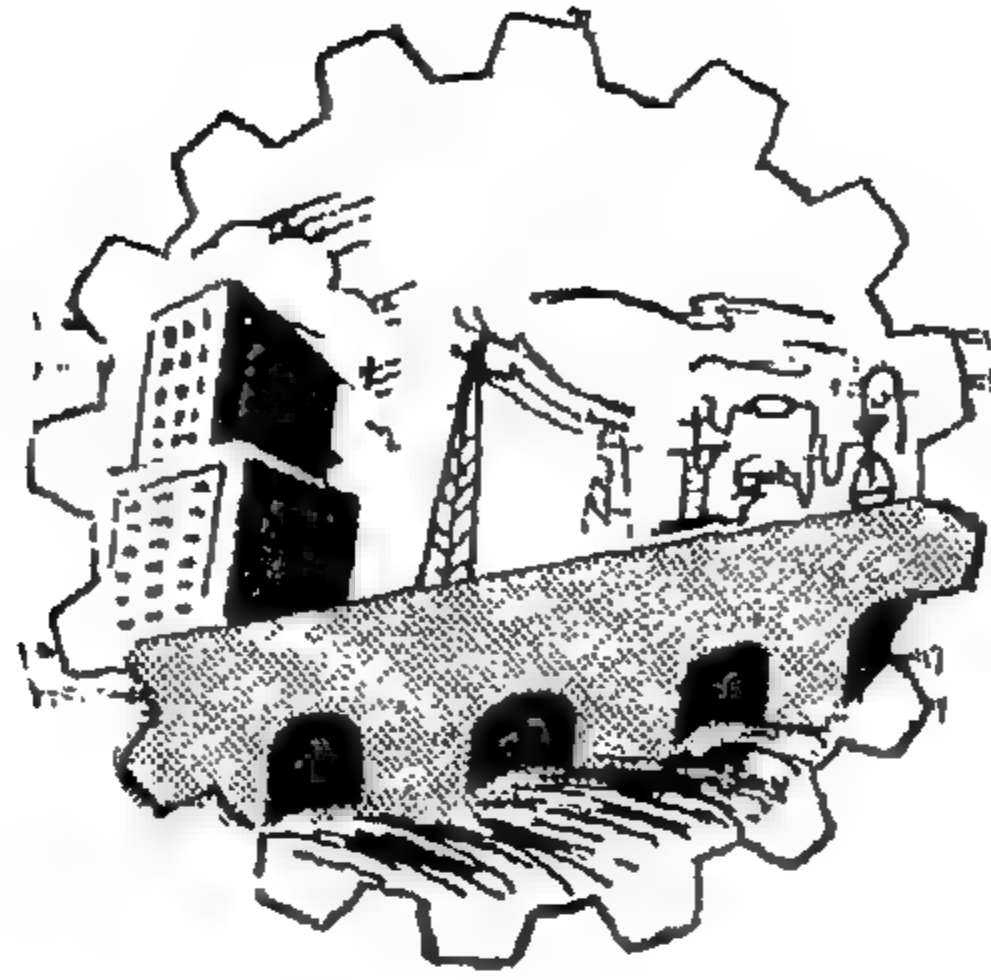
C O N T E N T S

ENGLISH SECTION

	Page
"Circular Bow Girders Tangential to Two Straight Parts And Fixed at Their Far Ends", by Dr. Mohamed M. El-Hashimy and A. S. Mahdy	7
"Switching Circuitry of Electronic Digital Computers" (Complete Design of a Parallel Decimal Adder), by Dr. Naim Abou-Taleb and Abd-El Fattah Abd-Alla	31
"Metallurgical Effect of Intermittent Arc-Welding Upon the Fatigue Properties of Built Up Beams", by Dr. Mahmoud F. Abdel-Gaber and Shawkat A. K. Ismail	47
"Effect of Some Factors Involved in the Cold Pressure Welding Process on the Lap Welding of Pure Aluminium Strips", by Dr. M. K. Abdel Aziz	55
"Principles of Lasers and their Applications in Communication", by Dr. Ahmad Aziz Kamal	77
"Continuous Orthotropic Plate Over Elastic Supports," by Dr.-Ing. Kamal Hassan ..	91

ARABIC SECTION

Production of iron and other pipes without welding — 3 — by Dr. Botros Mina Botros	8
Industrial Wastes — 2 — by Eng. Rizk El-Shinnawy	26



JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY
OF ENGINEERS
U. A. R.

Oct. Nov. Dec. 1964
Vol. III
No. 4

